

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

1610024  
jc836 U.S. PTO  
09/593800  
06/15/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1 9 9 8 年 1 1 月 3 0 日

出 願 番 号  
Application Number:

平成 1 0 年 特 許 願 第 3 3 9 7 8 9 号

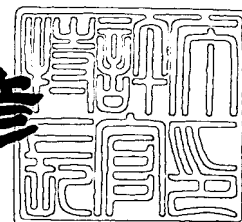
出 願 人  
Applicant (s):

株式会社ニコン

2 0 0 0 年 4 月 2 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 0 - 3 0 2 9 2 3 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01318

【提出日】 平成10年11月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 ステージ装置、露光装置、及び前記ステージ装置を用いた位置決め方法

【請求項の数】 9

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

    【氏名】 谷口 哲夫

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

    【氏名】 神谷 三郎

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

    【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

    【識別番号】 100098165

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大森 聡

    【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 019840

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ステージ装置、露光装置、及び前記ステージ装置を用いた位置決め方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージと、

前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の計測範囲内で計測する第 1 測定系と、を備えたステージ装置であって、

前記複数の可動ステージのそれぞれに対して、該可動ステージの前記計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又は前記基準位置に対する合致度を計測する第 2 測定系、を備え、

前記第 2 測定系の計測結果に基づいて前記第 1 測定系の計測値の補正を行うことを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】 所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージと、

前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の第 1 の計測範囲内で計測する第 1 測定系と、を備えたステージ装置であって、

前記複数の可動ステージのそれぞれに対して、前記第 1 の計測範囲と部分的に重複する第 2 の計測範囲内で位置を連続的に計測する第 2 測定系と、

前記第 1 及び第 2 測定系の計測結果に基づいて該 2 つの測定系の計測結果を補正する制御系と、

を設けたことを特徴とするステージ装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のステージ装置であって、

前記第 1 測定系は干渉計であり、

前記第 2 測定系は、順次部分的に重複する計測範囲を有する複数の干渉計であることを特徴とするステージ装置。

【請求項 4】 請求項 1、2、又は 3 記載のステージ装置を備えた露光装置であって、

前記ステージ装置の前記複数の可動ステージに互いに異なるパターンが形成さ

れたマスクを載置し、前記複数の可動ステージ上のマスクのパターンを交互に位置決めを行いながら基板上に転写することを特徴とする露光装置。

【請求項 5】 請求項 1、2、又は 3 記載のステージ装置を備えた露光装置であって、

前記ステージ装置の前記複数の可動ステージの第 1 の可動ステージ上にマスクを載置し、第 2 の可動ステージ上に前記マスクのパターンを転写する際の特徴を計測するための特性計測装置を載置し、

前記マスクのパターンを基板上に転写することを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 請求項 1、2、又は 3 記載のステージ装置を備えた露光装置であって、

前記ステージ装置の前記複数の可動ステージ上にそれぞれ基板を載置し、

前記複数の可動ステージを交互に露光位置に位置決めしながら、前記複数の基板上に交互に所定のマスクパターンを露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 請求項 1、2、又は 3 記載のステージ装置と、投影光学系と、を備えた露光装置であって、

前記ステージ装置の前記複数の可動ステージの第 1 の可動ステージ上に基板を載置し、第 2 の可動ステージ上に前記投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置を載置し、

前記第 1 の可動ステージ上の基板上に所定のマスクパターンを前記投影光学系を介して露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 請求項 1 記載のステージ装置を用いた位置決め方法であって、

前記複数の可動ステージの内一つの可動ステージが前記第 1 測定系の計測範囲内に入った際に、該可動ステージの前記計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又は前記基準位置に対する合致度を前記第 2 測定系により計測し、該計測結果に基づいて前記第 1 測定系の計測値の補正を行うことを特徴とするステージ装置を用いた位置決め方法。

【請求項 9】 請求項 2、又は 3 記載のステージ装置を用いた位置決め方法であって、

前記複数の可動ステージの内一つの可動ステージが前記第2の計測範囲側から前記第1の計測範囲内に入る際に、前記第1及び第2測定系によって同時に前記可動ステージの位置を計測し、該計測結果に基づいて前記第1測定系の計測結果を前記第2測定系の計測結果に合わせることを特徴とするステージ装置を用いた位置決め方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば加工対象物等を位置決めするためのステージ装置、及びそのステージ装置を備え、半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光装置に関し、特に結像特性計測機構等の種々の機構を備えた露光装置に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子等を製造する際に使用される一括露光型（ステッパー型）、又は走査露光型（ステップ・アンド・スキャン方式等）の露光装置には高い露光精度が要求されている。そのため、従来より露光装置においては、マスクとしてのレチクルを載置して位置決めするレチクルステージ、又は基板としてのウエハを載置して2次元移動するウエハステージには、それぞれその側面に移動鏡が固定されており、レーザ干渉計等の干渉計からその移動鏡に計測ビームを照射することによって、当該ステージの移動量が常時連続的に測定され、この測定値に基づいて高精度にステージの位置決めが行えるようになっている。このようなステージ装置においては通常は、可動ステージの2次元方向の移動成分、及び回転成分という3自由度の変位計測を3軸の干渉計により実現している。

【0003】

ところが、このような従来のステージ装置では、可動ステージの最大移動範囲（可動範囲）の全ての領域で各干渉計からの測定ビームが常に移動鏡にそれぞれ照射されている必要があるため、移動鏡は、可動ステージが移動しても各干渉計

からの測定ビームを反射し続けるように、その寸法は可動範囲より大きくしておく必要があった。

【0004】

このため、可動ステージの可動範囲を広げようとする、大型の移動鏡が必要になり、それに伴ってステージ全体の形状も大きくならざるを得ず、そのためステージが重くなってしまい高速で移動させることが困難になるという問題が生じる。また、大型の移動鏡を所定の平面度で加工するには多大な技術的困難が伴い、さらに、大きな移動鏡に撓みを生じさせずに可動ステージの側面に固定することも技術的には多大の困難がある。ところが、移動鏡の平面度の低下は、干渉計によるステージの位置決め精度の低下に直接的につながるため、最終的に可動ステージの可動範囲を制限せざるを得ないという問題が生じている。

【0005】

このような問題を解決するためのステージ装置として、例えば特開平7-253304号公報に開示されているものがある。この開示されたステージ装置は、可動ステージの変位の自由度の数（例えば、3自由度とする）よりも多い数の干渉計（例えば、4軸）を設置することによって、一の干渉計からの測定ビームが移動鏡の測定範囲から外れても、残りの干渉計により当該ステージの移動の自由度分の測定ができるようにしている。そして、移動鏡から外れたその一の干渉計の測定範囲内に再度移動鏡が入ったら、残りの干渉計での測定値をその一の干渉計の初期値として設定することにより、その一の干渉計により可動ステージの移動量を測定できるようにして、移動鏡の大きさを可動ステージの可動範囲よりも小さくしている。

【0006】

また、これらの露光装置では、常に適正な露光量で、且つ高い結像特性を維持した状態で露光を行う必要があるため、レチクルの位置決めを行うレチクルステージ、又はウエハの位置決めを行うウエハステージには、露光光の照度等の状態、及び投影倍率等の結像特性を計測するための計測装置が備えられている。例えばウエハステージに備えられている計測装置としては、投影光学系に対する露光光の入射エネルギーを計測するための照射量モニタ、及び投影像の位置やコント

ラスト等を計測するための空間像検出系等がある。一方、レチクルステージ上に備えられている計測装置としては、例えば投影光学系の結像特性計測用に用いられる指標マークが形成された基準板がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記の如く従来の露光装置においては、レチクルステージ、又はウエハステージに設けられた計測装置を用いて、露光量の適正化が図られると共に、高い結像特性が維持されていた。これに対して、最近の露光装置には、半導体素子等を製造する際の露光工程のスループット（生産性）を高めることも要求されている。スループットを向上させるための方法としては、単位時間当たりの露光エネルギーを増加させる方法の他に、ステージの駆動速度を大きくして、一括露光型ではステッピング時間を短縮し、走査露光型ではステッピング時間及び走査露光時間を短縮する方法がある。

【0008】

このようにステージの駆動速度を向上させるには、ステージ系が同じ大きさである場合にはより大きい出力の駆動モータを使用すればよく、逆に従来と同じ出力の駆動モータで駆動速度を向上させるには、ステージ系を小型化、軽量化する必要がある。ところが、前者のようにより大きい出力の駆動モータを使用すると、その駆動モータから発生する熱量が増大する。このように増大する熱量は、ステージ系の微妙な熱変形を生じて、露光装置で要求されている高い位置決め精度が得られなくなる恐れがある。そこで、位置決め精度の劣化を防止して、駆動速度を向上するには、後者のようにステージ系をできるだけ小型化、軽量化することが望まれる。

【0009】

特に、走査露光型の露光装置では、駆動速度の向上によって走査露光時間も短縮されてスループットが大きく改善されると共に、ステージ系の小型化によってレチクルとウエハとの同期精度も向上して、結像性能や重ね合わせ精度も向上するという大きな利点がある。ところが、従来のようにレチクルステージ、又はウエハステージに各種計測装置が備えられている場合には、ステージを小型化する



のは困難である。

【0010】

更に、レチクルステージ、又はウエハステージに露光光の状態、又は結像特性等を計測するための計測装置が備えられている場合、その計測装置には通常ランプ等の熱源が付属していると共に、計測中に露光光の照射によってその計測装置の温度が次第に上昇する。その結果、レチクルステージ、又はウエハステージが微妙に熱変形して、位置決め精度や重ね合わせ精度等が劣化する恐れもある。現状では、計測装置の温度上昇による位置決め精度等の劣化は僅かなものであるが、今後、半導体素子等の回路パターンが一層微細化するにつれて、計測装置の温度上昇の影響を抑制する必要性が高まると予想される。

【0011】

これに関して、前述の特開平7-253304号公報に開示されたステージ装置を使用することによって、可動ステージの可動範囲に比べて移動鏡の長さを小さくすることができるが、この場合でも可動ステージ自体の小型化にはあまり寄与できない。従って、露光工程のスループットの向上、及び露光光の照射熱の影響の軽減を図るためには、更に別の工夫が必要である。

【0012】

また、露光装置、特に投影露光装置では、スループット向上の他に解像度、焦点深度(DOF: Depth of Focus)、及び線幅制御精度等を向上させることも求められている。ここで、露光波長を $\lambda$ とし、投影光学系の開口数をN.A.とすると、解像度Rは $\lambda / N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda / (N.A.)^2$ に比例する。このため、解像度Rを向上させる(Rの値を小さくする)ために、単に露光波長 $\lambda$ を小さくして、開口数N.A.を大きくすると、焦点深度DOFが小さくなり過ぎてしまう。

【0013】

これに関して、デバイスを製造するためには、ライン・アンド・スペース(L/S)パターンのような周期的パターン、及びコンタクトホール(CH)パターンのような孤立的パターン等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要がある。そして、最近、例えば周期的パターンに関しては、特開平4-225

514号公報に開示されているように、いわゆる変形照明法によって焦点深度を狭くすることなく、解像度を向上させる技術が開発されている。また、位相シフトレチクル法も開発されている。同様に、孤立的パターンに関しても、例えば照明光のコヒーレンスファクタを制御する等の方法で実質的に焦点深度等を向上させる技術が開発されている。

【0014】

このような技術動向を背景にして、実質的に焦点深度を浅くし過ぎることなく解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直されている。即ち、二重露光法を適用すれば、或るレイヤ用のレチクルパターンを種類に応じて複数のレチクルパターンに分割し、それぞれを最適な照明条件、及び露光条件で重ねて露光することによって、全体として広い焦点深度、及び高い解像度が得られる。最近では、この二重露光法をKrFエキシマレーザ、更にはArFエキシマレーザを露光光として用いる投影露光装置に適用して、例えば線幅が $0.1\mu\text{m}$ までのL/Sパターンを含むデバイスのパターンを露光しようという試みも検討されている。

【0015】

ところが、この二重露光法を1台のウエハステージを持つ投影露光装置に適用しようとする、アライメントや露光等の工程をシリアルに繰り返して実行する必要があるために、スループットが大幅に劣化するという不都合がある。そこで、スループットを高めるために、ウエハステージを複数台設けて、アライメントと露光とを並列に実行できるようにした投影露光装置も提案されている。しかしながら、このように複数台のウエハステージを設ける場合、各ウエハステージの可動ステージの位置を単に干渉計で計測するものとする、各可動ステージが大きく移動する際に、対応する干渉計の計測ビームが途切れるために、各可動ステージを例えば交互に露光位置に位置決めする際に、各可動ステージを迅速に再現性を持つ状態で位置決めするのが困難であるという不都合があった。

【0016】

本発明は斯かる点に鑑み、複数の機能を有するステージ装置において、それらの複数の機能を実行できる状態で可動部を小型化して、その可動部を高速に移動

できると共に、その可動部の位置を再現性を有する状態で高精度に計測できるステージ装置を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は、二重露光等を行うために、複数の可動部を設けた場合に、各可動部をそれぞれ目標とする位置に再現性を有する状態で迅速に位置決めできるステージ装置を提供することを第2の目的とする。

【0017】

更に、本発明は、そのようなステージ装置を備え、レチクルのパターンを転写する際の特性、又は投影光学系の結像特性等を計測する機能を維持した状態で、レチクル、又はウエハを位置決めするための可動部を小型化できる露光装置を提供することを第3の目的とする。

更に本発明は、そのようなステージ装置を備え、高いスループットで二重露光法等を実施できる露光装置を提供することを第4の目的とする。

【0018】

また、本発明はそのようなステージ装置を用いて迅速に位置決めを行うことができる位置決め方法を提供することをも目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1のステージ装置は、所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージ（WST, 14）と、その複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の計測範囲内で計測する第1測定系（15X1, 15X2, 15Y）とを備えたステージ装置であって、その複数の可動ステージのそれぞれに対して、この可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又はその基準位置に対する合致度を計測する第2測定系（16, 17A, 17B）を備え、その第2測定系の計測結果に基づいてその第1測定系の計測値の補正を行うものである。

【0020】

斯かる本発明の第1のステージ装置によれば、例えば露光、及び特性計測等の複数の機能を実行する場合に、各機能毎（又は複数の機能群毎）に可動ステージを割り当てて複数の可動ステージ（可動部）を設ける。これによって、各可動ス

テージは小型化できるため、それぞれ高速に駆動できるようになる。ところが、単に複数の可動ステージを設けて、その第1測定系として相対変位測定系、例えば一軸のレーザ干渉計を設けた場合には、各可動ステージが大きく移動すると、レーザ干渉計の計測ビームが途切れるために、何等かの原点設定動作が必要になる。そこで、本発明では、一種の絶対値測定系としてその第2測定系（16，17A，17B）を設けた。

#### 【0021】

そして、その複数の可動ステージの内一つの可動ステージ（WST）が、その第1測定系の計測範囲の外部からその計測範囲内に入った際に、その第2測定系（絶対値測定系）によりその可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量を計測し、例えばこの位置ずれ量をその第1測定系の計測値にプリセットすることで、その第1測定系の計測値がその可動ステージの位置を再現性を有する形で正確に示すようになる。又は、その第2測定系が合致度（例えば2つのランダムパターン同士の合致度）を計測する場合には、その合致度が所定のレベル以上となった場合に、その第1測定系の計測値をリセットするか、若しくは所定値にプリセットすればよい。これによって、各可動ステージは迅速に再現性を有する状態で高精度に位置決めされる。

#### 【0022】

次に、本発明による第2のステージ装置は、所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージ（WST1，WST2）と、その複数の可動ステージの内一つの可動ステージの位置を所定の第1の計測範囲内で計測する第1測定系（87Y3）とを備えたステージ装置であって、その複数の可動ステージのそれぞれに対して、その第1の計測範囲と部分的に重複する第2の計測範囲内で位置を連続的に計測する第2測定系（87Y2，87Y4）と、その第1及び第2測定系の計測結果に基づいてこの2つの測定系の計測結果を補正する制御系（38）と、を設けたものである。

#### 【0023】

斯かる本発明の第2のステージ装置によれば、例えば二重露光を行うために複数の可動ステージ（WST1，WST2）が設けられる。この結果、その第1測

定系として、例えば相対変位測定系としての1軸のレーザ干渉計を使用すると、各可動ステージを大きく移動させた場合に、そのレーザ干渉計の計測ビームから外れてしまうため、如何にして再現性を有する形で各可動ステージを位置決めするかが問題となる。これに対して、本発明ではその第1測定系としても例えば相対変位測定系としての1軸（又は複数軸）のレーザ干渉計を使用する。そして、その複数の可動ステージの内一つの可動ステージが、例えばその第1の計測範囲側からその第2の計測範囲内に入る際には、その第1測定系及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測し、その第1測定系の計測値をその可動ステージの回転角に応じて補正した値をその第2測定系の計測値にプリセットすることによって、その第1測定系の測定値がその第2測定系に受け渡される。これ以降は、その第2測定系を用いてその可動ステージを再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

#### 【0024】

この場合、その第1測定系、及び第2測定系はそれぞれ干渉の次数（整数） $N_1$ 、 $N_2$ 、位相（rad） $\phi_1$ 、 $\phi_2$ （これはヘテロダイン干渉方式では例えば参照信号と測定信号との位相差に相当する）、及び計測ビームの波長 $\lambda$ の関数 $f(\lambda)$ を用いて、 $f(\lambda) \{N_1 + \phi_1 / (2\pi)\}$  及び  $f(\lambda) \{N_2 + \phi_2 / (2\pi)\}$  の形で可動ステージの位置を計測するようにしてもよい。そして、その第2測定系の計測が可能となって、その第1測定系及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測したときには、その第1測定系の計測値、及びその可動ステージの回転角よりその第2測定系の干渉の次数 $N_2'$ 、及び位相 $\phi_2'$ を推定し、その次数 $N_2'$ 、位相 $\phi_2'$ 、及びその第2測定系で計測される位相 $\phi_2$ より、その第2測定系の次数 $N_2$ のプリセット値を決定することが望ましい。この後はその第2測定系の計測値を $f(\lambda) \{N_2 + \phi_2 / (2\pi)\}$  とすることで、その可動ステージの回転角の計測誤差等が或る程度生じて、その第2測定系の固有の再現精度でその可動ステージの位置を計測できる。また、関数 $f(\lambda)$ は、一例として2以上の整数 $m$ を用いて $\lambda/m$ である。

#### 【0025】

次に、本発明による第1の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装

置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（RST1，RST2）に互いに異なるパターンが形成されたマスク（R1，R2）を載置し、その複数の可動ステージ上のマスクのパターンを交互に位置決めを行いながら基板（W1）上に転写するものである。

【0026】

斯かる本発明の第1の露光装置によれば、二重露光法を用いて露光を行うことができ、解像度、及び焦点深度の向上を図ることができる。また、本発明のステージ装置を備えているため、例えばレーザ干渉計によりその可動ステージの位置を計測する場合には、その可動ステージに設置する移動鏡をその可動ステージの移動範囲よりも小さくすることができ、その可動ステージの重量を小さくすることができる。従って、その可動ステージを高速に移動させることが容易になり、スループットの向上を図ることができる。

【0027】

次に、本発明による第2の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（RST，5）の第1の可動ステージ（RST）上にマスク（R）を載置し、第2の可動ステージ（5）上にそのマスクのパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置（6）を載置し、そのマスク（R）のパターンを基板（W）上に転写するものである。

【0028】

斯かる本発明の第2の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージ（RST）には露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、そのマスク（R）のパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置（6）は、別の第2の可動ステージ（5）に搭載されるため、そのマスクのパターンを転写する際の特性を計測することもできる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

## 【0029】

次に、本発明による第3の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（WST1，WST2）上にそれぞれ基板（W1，W2）を載置し、その複数の可動ステージを交互に露光位置に位置決めしながら、その複数の基板上に交互に所定のマスクパターンを露光するものである。

## 【0030】

斯かる本発明の第3の露光装置によれば、その複数の可動ステージ（WST1，WST2）の内の一方の可動ステージ（WST1）で露光動作を行いながら、別の可動ステージ（WST2）では基板の搬入搬出及びアライメント動作を行うことができ、スループットの向上を図ることができる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

## 【0031】

次に、本発明による第4の露光装置は、本発明のステージ装置と、投影光学系（PL）とを備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（WST，14）の第1の可動ステージ（WST）上に基板（W）を載置し、第2の可動ステージ（14）上にその投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置（20）を載置し、その第1の可動ステージ上の基板上に所定のマスクパターンをその投影光学系を介して露光するものである。

## 【0032】

斯かる本発明の第4の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージ（WST）には露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージ（WST）の小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、その投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置（20）は、別の第2の可動ステージ（14）に搭載されるため、結像特性も計測できる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

## 【0033】

次に、本発明による第1の位置決め方法は、本発明のステージ装置を用いた位置決め方法であって、その複数の可動ステージ（WST、14）の内の一つの可動ステージ（WST）がその第1測定系の計測範囲内に入った際に、この可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又はその基準位置に対する合致度をその第2測定系により計測し、この計測結果に基づいてその第1測定系の計測値の補正を行うものである。斯かる位置決め方法によれば、その複数の可動ステージをそれぞれ容易に再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

## 【0034】

次に、本発明による第2の位置決め方法は、本発明のステージ装置を用いた位置決め方法であって、その複数の可動ステージ（WST1、WST2）の内の一つの可動ステージがその第2の計測範囲側からその第1の計測範囲内に入る際に、その第1及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測し、この計測結果に基づいてその第1測定系の計測結果をその第2測定系の計測結果に合わせるものである。斯かる位置決め方法によれば、その複数の可動ステージをそれぞれ容易に再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

## 【0035】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施の形態につき図1～図4を参照して説明する。本例はステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。

図1は、本例の投影露光装置を示し、この図1において、露光時には、露光光源、ビーム整形光学系、照度分布均一化用のフライアイレンズ、光量モニタ、可変開口絞り、視野絞り、及びリレーレンズ系等を含む照明系1から射出された露光光ILは、ミラー2、及びコンデンサレンズ3を介してレチクルRのパターン面（下面）のスリット状の照明領域を照明する。露光光ILとしては、KrF（波長248nm）、若しくはArF（波長193nm）等のエキシマレーザー光、YAGレーザーの高調波、又は水銀ランプのi線（波長365nm）等が使用でき



る。照明系 1 内の可変開口絞りを切り換えることによって、通常の照明方法、輪帯照明、いわゆる変形照明、及び小さいコヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) の照明等の内の所望の照明方法を選択できるように構成されている。露光光源がレーザ光源である場合には、その発光タイミング等は装置全体の動作を統轄制御する主制御系 10 が、不図示のレーザ電源を介して制御する。

## 【0036】

レチクル R のその露光光 IL による照明領域 9 (図 3 参照) 内のパターンの像は、投影光学系 PL を介して投影倍率  $\beta$  ( $\beta$  は、 $1/4$  倍、又は  $1/5$  倍等) で縮小されて、フォトリジストが塗布されたウエハ (wafer) W 上のスリット状の露光領域 12 に投影される。以下、投影光学系 PL の光軸 AX に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で走査露光時のレチクル R 及びウエハ W の走査方向に直交する非走査方向 (即ち、図 1 の紙面に垂直な方向) に沿って X 軸を取り、走査方向 (即ち、図 1 の紙面に平行な方向) に沿って Y 軸を取って説明する。

## 【0037】

まず、レチクル R は、レチクルステージ RST 上に真空吸着によって保持され、レチクルステージ RST は、平行に配置された 2 本のガイド 4 A 及び 4 B 上にエアベアリングを介して Y 方向に移動自在に載置されている。更に本例では、ガイド 4 A 及び 4 B 上に、レチクルステージ RST とは独立にエアベアリングを介して Y 方向に移動自在に計測用ステージ 5 が載置されている。

## 【0038】

図 3 は、レチクルステージ RST 及び計測用ステージ 5 を示す平面図であり、この図 3 において、Y 方向 (走査方向) に伸びたガイド 4 A 及び 4 B に沿って、それぞれ不図示のリニアモータ等によって Y 方向に駆動されるようにレチクルステージ RST、及び計測用ステージ 5 が載置されている。ガイド 4 A、4 B の長さは、走査露光時のレチクルステージ RST の移動ストロークよりも、少なくとも計測用ステージ 5 の幅分だけ長く設定されている。また、レチクルステージ RST は、Y 方向に移動する粗動ステージと、この粗動ステージ上で 2 次元的な位置が微調整できる微動ステージとを組み合わせで構成されている。更に、レチクルマークステージ RST 上には、レチクル R を X 方向に挟むような位置関係で 1

対の基準マーク板 17C1, 17C2 が固定され、基準マーク板 17C1, 17C2 にそれぞれ二次元の例えば十字型の基準マーク MC1, MC2 が形成されている。基準マーク MC1, MC2 とレチクル R の原版パターンとの位置関係は予め高精度に計測されて、主制御系 10 の記憶部に記憶されている。

#### 【0039】

そして、計測用ステージ 5 上に X 方向に細長いガラス板よりなる基準板 6 が固定され、基準板 6 上に投影光学系 PL の結像特性計測用の複数の指標マーク IM が所定配置で形成されている。基準板 6 は、レチクル R に対する露光光のスリット状の照明領域 9、より正確には投影光学系 PL のレチクル R 側の視野の X 方向の幅を覆うことができるだけの大きさを備えている。基準板 6 を使用することで、結像特性計測用の専用レチクルを用意しておく必要がなく、且つ、実露光用のレチクル R とその専用レチクルとの交換時間も不要となるため、結像特性を高頻度に計測でき、投影光学系 PL の経時変化に正確に追従することができる。また、計測用ステージ 5 にも、X 方向（非計測方向）に対する微小範囲での位置決め機構が備えられていると共に、計測用ステージ 5 上に、基準板 6 を X 方向に挟むように 1 対の基準マーク板 17D1, 17D2 が固定され、基準マーク板 17D1, 17D2 にそれぞれ二次元の例えば十字型の基準マーク MD1, MD2 が形成されている。基準マーク MD1, MD2 と複数の指標マーク IM との位置関係も予め正確に計測されて、主制御系 10 の記憶部に記憶されている。

#### 【0040】

このように本例では、基準板 6 用の計測用ステージ 5 が独立に設けられ、本来のレチクルステージ RST 上には、レチクル R の他に計測用の部材は搭載されていない。即ち、レチクルステージ RST は、走査露光のために必要最小限の走査、及び位置決め機能のみを備えればよいと、レチクルステージ RST の小型化、軽量化が実現されている。従って、レチクルステージ RST をより高速に走査できるため、露光工程のスループットが向上する。特に縮小投影の場合には、レチクルステージ RST の走査速度はウエハステージの走査速度の  $1/\beta$  倍（例えば 4 倍、5 倍等）になるため、走査速度の上限はレチクルステージでほぼ決定されることがあり、この場合には本例では特にスループットが大きく向上する。

## 【0041】

また、ガイド4 A、4 Bに対して+ Y方向に設置されたレーザ干渉計7 YからレチクルステージR S Tの+ Y方向の側面の移動鏡2 4 Yにレーザビームが照射され、+ X方向に設置された2 軸のレーザ干渉計7 X 1、7 X 2からレチクルステージR S Tの+ X方向の側面の移動鏡2 4 Xにレーザビームが照射され、レーザ干渉計7 Y、7 X 1、7 X 2によってレチクルステージR S TのX座標、Y座標、及び回転角が計測され、計測値が図1の主制御系10に供給され、主制御系10はその計測値に基づいてリニアモータ等を介してレチクルステージR S Tの速度や位置を制御する。また、ガイド4 A、4 Bに対して- Y方向に設置されたレーザ干渉計8 Yから計測用ステージ5の- Y方向の側面の移動鏡2 5 Yにレーザビームが照射され、レーザ干渉計8 Yによって計測される計測用ステージ5のY座標が主制御系10に供給されている。Y軸のレーザ干渉計7 Y及び8 Yの光軸は、それぞれY方向に沿って照明領域9の中心、即ち投影光学系P Lの光軸A Xを通過しており、レーザ干渉計7 Y及び8 Yは、それぞれ常時レチクルステージR S T及び計測用ステージ5の走査方向の位置を計測している。

## 【0042】

なお、レチクルステージR S Tの直交する側面を鏡面加工しておき、これらの鏡面を移動鏡2 4 X、2 4 Yとみなしてもよく、計測用ステージ5の直交する側面を鏡面加工しておき、これらの鏡面を移動鏡2 5 X、2 5 Yとみなしてもよい。

更に、本例では図1に示すように、レチクルRの上方に、レチクルR上に形成されたアライメントマーク（レチクルマーク）と、対応するウエハステージ上の基準マーク（不図示）との位置ずれ量を検出するための1対のレチクルアライメント顕微鏡R A及びR Bが配置されている。レチクルアライメント顕微鏡R A、R Bの検出中心を通る直線はX軸に平行であり、それらの検出中心の中心は、光軸A Xに合致している。本例では、本発明の第2測定系（絶対値測定系）に対応するレチクルアライメント顕微鏡R A、R Bを用いて、図3に示すレチクルステージR S T上の基準マークMC 1、MC 2、及び計測用ステージ5上の基準マークMD 1、MD 2の位置を検出する。

## 【0043】

そして、結像特性の計測時に、レチクルステージ R S T を + Y 方向に待避させて、基準板 6 がほぼ照明領域 9 を覆うように計測用ステージ 5 を Y 方向に移動すると、レーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 からのレーザビームがレチクルステージ R S T の側面から外れて計測用ステージ 5 の + X 方向の移動鏡 2 5 X に照射されるようになる。このとき、レチクルアライメント顕微鏡 R A, R B により基準板 6 上の基準マーク M D 1, M D 2 の検出中心（視野の中心）からの位置ずれ量をそれぞれ検出し、図 1 の主制御系 10 は、基準マーク M D 1, M D 2 の中心がそれぞれ対応する検出中心に対して対称に、かつ最も位置ずれ量が小さくなるように計測用ステージ 5 を位置決めする。そして、この状態で、X 軸のレーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 の計測値をそれぞれリセットする。なお、それらの計測値を例えば所定の値にプリセットしてもよい。

## 【0044】

この後は、レーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 により計測用ステージ 5 の X 方向の位置、及び回転角が再現性を有する状態で高精度に計測され、計測用ステージ 5 の Y 方向の位置はレーザ干渉計 8 Y によって常時高精度に計測されている。従って、これらの計測値に基づいて主制御系 10 は、リニアモータ等を介して計測用ステージ 5 の位置を高精度に制御することができる。なお、上記のように基準マーク M D 1, M D 2 の位置ずれ量を最小にする代わりに、それらの位置ずれ量に基づいて、レーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 の計測値をそれぞれ対応する値にプリセットするようにしてもよい。

## 【0045】

一方、計測中には、レチクルステージ R S T の非走査方向の位置は計測されないが、露光のためにレチクルステージ R S T が照明領域 9 下に達すれば、再びレーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 からのレーザビームがレチクルステージ R S T の移動鏡 2 4 X に照射されるようになる。そして、計測用ステージ 5 の場合と同様に、レチクルアライメント顕微鏡 R A, R B を用いてレチクルステージ R S T 上の基準マーク M C 1, M C 2 の位置ずれ量を検出し、主制御系 10 は、それらの位置ずれ量が対称に、かつ最も小さくなるようにレチクルステージ R S T を位置決め

した状態で、レーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 の計測値を所定の値にプリセットする。この後は、再現性のある状態でレチクルステージ R S T の X 方向の位置、及び回転角の計測が行われ、Y 方向の位置はレーザ干渉計 7 Y によって常時計測されているため、レチクルステージ R S T を高精度に所望の位置に位置決めすることができる。従って、レーザ干渉計 7 X 1, 7 X 2 からのレーザビームが途切れることの不都合は無い。

#### 【0046】

図 1 に戻り、ウエハ W は不図示のウエハホルダを介してウエハステージ W S T 上に保持され、ウエハステージ W S T は定盤 13 上にエアーベアリングを介して X 方向、Y 方向に移動自在に載置されている。ウエハステージ W S T には、ウエハ W の Z 方向の位置（フォーカス位置）、及び傾斜角を制御するフォーカス・レベリング機構も組み込まれている。また、定盤 13 上にウエハステージ W S T とは別体でエアーベアリングを介して X 方向、Y 方向に移動自在に各種の計測装置が備えられた計測用ステージ 14 が載置されている。計測用ステージ 14 にも、その上面のフォーカス位置を制御する機構が組み込まれている。

#### 【0047】

図 2 は、ウエハステージ W S T、及び計測用ステージ 14 を示す平面図であり、この図 2 において、定盤 13 の表面の内部には例えば所定の配列でコイル列が埋め込まれ、ウエハステージ W S T の底面、及び計測用ステージ 14 の底面にはそれぞれヨークと共に磁石列が埋め込まれ、そのコイル列、及び対応する磁石列によってそれぞれ平面モータが構成され、この平面モータによってウエハステージ W S T、及び計測用ステージ 14 の X 方向、Y 方向の位置、及び回転角が互いに独立に制御されている。なお、平面モータについては、例えば特開平 8-51756 号公報においてより詳細に開示されている。

#### 【0048】

本例のウエハステージ W S T は、露光に必要な最小限の機能のみを備えている。即ち、ウエハステージ W S T は、フォーカス・レベリング機を備えると共に、ウエハステージ W S T 上には、ウエハ W を吸着保持するウエハホルダ（ウエハ W の底面側）と、ウエハステージ W S T の位置計測用の基準マーク M A が形成され

た基準マーク板 17A とが設置されている。基準マーク板 17A 上には、レチクルアライメント用の基準マーク（不図示）も形成されている。

【0049】

また、図 1 に示すように、ウエハ W のアライメント用のオフ・アクシス方式で画像処理方式のウエハアライメントセンサ 16 が投影光学系 PL に隣接して設けられており、ウエハアライメントセンサ 16 の検出信号が主制御系 10 内のアライメント処理系に供給されている。ウエハアライメントセンサ 16 は、ウエハ W 上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置計測用のセンサである。本例では、ウエハアライメントセンサ 16 を用いて、ウエハステージ WST 上の基準マーク MA 等の位置検出を行う。即ち、ウエハアライメントセンサ 16 は、本発明の第 2 測定系（絶対値測定系）に対応している。

【0050】

また、計測用ステージ 14 の表面は、ウエハステージ WST 上のウエハ W の表面とほぼ同じ高さに設定されている。そして、図 2 において、計測用ステージ 14 には、投影光学系 PL を通過した露光光の全部の単位時間当たりのエネルギー（入射エネルギー）を計測するための光電センサよりなる照射量モニタ 18、投影光学系 PL によるスリット状の露光領域 12 内での照度分布を計測するための光電センサよりなる照度むらセンサ 19、結像特性測定用のスリット 21X、21Y が形成された測定板 20、及び位置基準となる基準マーク MB が形成された基準マーク板 17B が固定されている。基準マーク MB と照度むらセンサ 19 等の位置関係は予め高精度に計測されて、図 1 の主制御系 10 の記憶部に記憶されている。基準マーク MB の位置もウエハアライメントセンサ 16 によって計測される。

【0051】

測定板 20 の X 軸のスリット 21X、及び Y 軸のスリット 21Y の底面側にはそれぞれ集光レンズ、及び光電センサが配置され、測定板 20、及び光電センサ等より空間像検出系が構成されている。なお、そのスリット 21X、21Y の代わりに、矩形開口のエッジを使用してもよい。そして、照射量モニタ 18 の受光面は、露光領域 12 を覆う大きさに形成されると共に、照度むらセンサ 19 の受

光部はピンホール状となっており、照射量モニタ 18 及び照度むらセンサ 19 の検出信号は図 1 の主制御系 10 に供給されている。

【0052】

また、測定板 20 の底部の光電センサの検出信号は図 1 の結像特性演算系 11 に供給されている。この場合、投影光学系 PL の結像特性の計測時には、図 3 のレチクル側の計測用ステージ 5 上の基準板 6 が照明領域 9 に移動され、基準板 6 に形成されている指標マーク IM の像がウエハステージ側に投影され、その像を計測板 20 上のスリット 21 X, 21 Y でそれぞれ X 方向、Y 方向に走査しつつ、底部の光電センサからの検出信号を結像特性演算系 11 で取り込む。結像特性演算系 11 では、その検出信号を処理してその指標マーク IM の像の位置、及びコントラスト等を検出し、この検出結果より投影像の像面湾曲、ディストーション、ベストフォーカス位置等の結像特性を求めて主制御系 10 に出力する。更に、不図示であるが、投影光学系 PL 内の所定のレンズを駆動して所定のディストーション等の結像特性を補正する機構も設けられており、主制御系 10 はこの補正機構を介して投影光学系 PL の結像特性を補正できるように構成されている。

【0053】

図 2 において、計測用ステージ 14 に備えられている照射量モニタ 18、照度むらセンサ 19、及び測定板 20 の底部の光電センサ等のセンサには、何れもアンプ等の発熱源、及び電源や通信用の信号ケーブルが接続されている。従って、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST に搭載されていると、センサに付随する熱源や信号ケーブルの張力によって位置決め精度等が劣化する恐れがある。また、結像特性等の計測中の露光光の照射による熱エネルギーも位置決め精度の悪化等を招く恐れがある。これに対して本例では、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST から分離された計測用ステージ 14 に設けられているため、ウエハステージ WST を小型化、軽量化できると共に、計測用のセンサの熱源や計測中の露光光の熱エネルギーによる位置決め精度の低下が防止できる利点がある。更に、ウエハステージ WST の小型化によって、ウエハステージ WST の移動速度や制御性が向上し、露光工程のスループットが高まると共に、位置決め精度等がより向上する。

## 【0054】

また、定盤13に対して+Y方向に設置されたレーザ干渉計15YからウエハステージWSTの+Y方向の側面の移動鏡22Yにレーザビームが照射され、-X方向に設置された2軸のレーザ干渉計15X1, 15X2からウエハステージWSTの-X方向の側面の移動鏡22Xにレーザビームが照射され、レーザ干渉計15Y, 15X1, 15X2によってウエハステージWSTのX座標、Y座標、及び回転角が計測され、計測値が図1の主制御系10に供給され、主制御系10はその計測値に基づいて平面モータを介してウエハステージWSTの速度や位置を制御する。同様に、計測用ステージ14の側面にもX軸の移動鏡23X、及びY軸の移動鏡23Yが取り付けられている。なお、ウエハステージWSTの直交する側面を鏡面加工して、これらの鏡面を移動鏡22X, 22Yとみなしてもよく、同様に計測用ステージ14の側面の鏡面を移動鏡23X, 23Yとみなしてもよい。

## 【0055】

そして、露光光の入射エネルギー等の計測時には、それらの位置計測用のレーザビームは計測用ステージ14の移動鏡23X, 23Yに照射される。

図4は、露光光の入射エネルギー等の計測時のウエハステージWST、及び計測用ステージ14の配置の一例を示し、このようにウエハステージWSTを露光領域12から離れた位置に待避させて、露光領域12にかかるように計測用ステージ14を移動すると、レーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yからのレーザビームが、ウエハステージWSTの移動鏡22X, 22Yから外れて計測用ステージ14の移動鏡23X, 23Yに照射されるようになる。このときに、計測用ステージ14上の基準マークMBが、図1のウエハアライメントセンサ16の視野16a内に入るように計測用ステージ14を移動して、かつ2軸のX軸のレーザ干渉計15X1, 15X2の計測値が同一の値となるように、計測用ステージ14の回転角を制御した状態で、基準マークMBの検出中心からの位置ずれ量を検出する。そして、主制御系10は、この位置ずれ量のX成分、及びY成分をそれぞれレーザ干渉計15X1, 15X2、及びレーザ干渉計15Yの計測値にブリセットする。この後は、レーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yにより再現



性を有する状態で高精度に計測用ステージ 14 の位置が計測され、この計測値に基づいて主制御系 10 は、平面モータを介して計測用ステージ 14 の位置を高精度に制御することができる。

#### 【0056】

一方、露光時には、図 2 に示すように、計測用ステージ 14 を待避させて、ウェハステージ W S T の移動鏡 22 X, 22 Y にレーザ干渉計 15 X 1, 15 X 2, 15 Y からのレーザビームが照射されるようにして、基準マーク M A をウェハアライメントセンサ 16 の視野 16 a 内に移動して、レーザ干渉計 15 X 1, 15 X 2 の計測値を一致させた状態で、基準マーク M A の位置ずれ量を計測し、この計測値に基づいてレーザ干渉計 15 X 1, 15 X 2, 15 Y の計測値のプリセットを行う。この後は、再現性を有する状態で高精度にウェハステージ W S T の位置決めが行われる。なお、平面モータをオープンループで駆動することによってもウェハステージ W S T、及び計測用ステージ 14 の位置は大まかに制御できるため、レーザビームが照射されていない状態では、主制御系 10 はウェハステージ W S T、及び計測用ステージ 14 の位置を平面モータを用いてオープンループ方式で駆動する。

#### 【0057】

図 1 に戻り、不図示であるが、投影光学系 P L の側面には、ウェハ W の表面のフォーカス位置を計測するための斜入射方式の焦点位置検出系（A F センサ）が配置され、この検出結果に基づいて、走査露光中のウェハ W の表面が投影光学系 P L の像面に合焦される。

次に、本例の投影露光装置の動作につき説明する。まず、ウェハステージ側の計測用ステージ 14 を用いて投影光学系 P L に対する露光光 I L の入射光量を計測する。この場合、レチクル R がロードされた状態での入射光量を計測するために、図 1 において、レチクルステージ R S T 上に露光用のレチクル R がロードされ、レチクル R が露光光 I L の照明領域上に移動する。その後、図 4 に示すように、ウェハステージ W S T は定盤 13 上で例えば + Y 方向に待避し、計測用ステージ 14 が投影光学系 P L による露光領域 12 に向かって移動する。その後、上記のようにレーザ干渉計 15 X 1, 15 X 2, 15 Y の計測値のプリセットを行

った後、計測用ステージ 14 上の照射量モニタ 18 の受光面が露光領域 12 を覆う位置で計測用ステージ 14 が停止し、この状態で照射量モニタ 18 を介して露光光 I L の光量が計測される。

【0058】

主制御系 10 では、その計測された光量を結像特性演算系 11 に供給する。この際に、例えば照明系 1 内で露光光 I L から分岐して得られる光束を検出して得られる計測値も結像特性演算系 11 に供給されており、結像特性演算系 11 では、2 つの計測値に基づいて、照明系 1 内でモニタされる光量から投影光学系 P L に入射する光量を間接的に演算するための係数を算出して記憶する。この間に、ウエハステージ W S T にはウエハ W がロードされる。その後、図 2 に示すように、計測用ステージ 14 は露光領域 12 から離れた位置に待避し、ウエハステージ W S T が露光領域 12 に向かって移動する。ウエハステージ W S T が待避中であるときには、図 4 に示すように、レーザ干渉計 15 Y, 15 X 1, 15 X 2 からのレーザビームは照射されないため、例えば平面モータをオープンループ方式で駆動することによって位置制御が行われている。

【0059】

そして、計測用ステージ 14 を露光領域 12 から待避させて、ウエハステージ W S T を露光領域 12 にかかる位置に移動させて、上記のようにレーザ干渉計 15 Y, 15 X 1, 15 X 2 の計測値のプリセットを行った後、ウエハステージ W S T 上の基準マーク部材 17 A 上のレチクル用の基準マーク（不図示）の中心が、光軸 A X（露光領域 12 の中心）付近に位置するようにウエハステージ W S T の移動が行われる。その後、レチクルアライメント顕微鏡 R A, R B を用いて、レチクル R 上のレチクルマークと、基準マーク板 17 A 上の対応する基準マークとの位置ずれ量が所定の許容範囲内になるように、図 1 のレチクルステージ R S T を駆動することによって、レチクル R のアライメントが行われる。これとほぼ同時に、その基準マーク板 17 A 上の別の基準マーク M A の位置を再び図 1 のウエハアライメントセンサ 16 で検出することによって、そのセンサの検出中心とレチクル R の投影像の中心との間隔（ベースライン量）が正確に検出される。

【0060】

次に、ウエハアライメントセンサ 16 を介してウエハ W 上の所定のショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を検出することによって、ウエハ W の各ショット領域の配列座標が求められる。その後、その配列座標、及び上記のベースライン量に基づいて、ウエハ W の露光対象のショット領域とレチクル R のパターン像との位置合わせを行いながら、走査露光が行われる。ウエハ W 上の各ショット領域への走査露光時には、図 1 において、露光光 I L の照明領域 9（図 3 参照）に対して、レチクルステージ R S T を介してレチクル R が + Y 方向（又は - Y 方向）に速度  $V_R$  で走査されるのに同期して、露光領域 12 に対してウエハステージ W S T を介してウエハ W が - X 方向（又は + X 方向）に速度  $\beta \cdot V_R$ （ $\beta$  は投影倍率）で走査される。

#### 【0061】

また、露光中には、例えば照明系 1 内で露光光 I L から分岐した光束の光量が常時計測されて結像特性演算系 11 に供給され、結像特性演算系 11 では、供給される光量の計測値、及び予め求めてある係数に基づいて投影光学系 P L に入射する露光光 I L の光量を算出し、露光光 I L の吸収によって発生する投影光学系 P L の結像特性（投影倍率、ディストーション等）の変化量を計算し、この計算結果を主制御系 10 に供給する。主制御系 10 では、例えば投影光学系 P L 内の所定のレンズを駆動することによって、その結像特性の補正を行う。

#### 【0062】

以上が、通常の露光であるが、本例の投影露光装置のメンテナンス等で装置状態を計測するときには、計測用ステージ 14 を露光領域 12 側に移動して計測を行う。例えば、露光領域 12 内の照度均一性を測定するときは、レチクル R をレチクルステージ R S T から除いた後、図 4 において、照度むらセンサ 19 を露光領域 12 内で X 方向、Y 方向に微動しながら照度分布を計測する。

#### 【0063】

次に、レチクルステージ側の計測用ステージ 5、及びウエハステージ側の計測用ステージ 14 を用いて、投影光学系 P L の結像測定を測定する動作につき説明する。この場合、図 3 において、レチクルステージ R S T は + Y 方向に待避して、計測用ステージ 5 上の基準板 6 が照明領域 9 内に移動する。このとき、計測用

ステージ5には非走査方向のレーザ干渉計7X1, 7X2からのレーザビームも照射されるようになり、レチクルアライメント顕微鏡RA, RBを用いて上記のように計測値のリセット(又はプリセット)が行われる。その後、レーザ干渉計7X1, 7X2, 8Yの計測値に基づいて計測用ステージ5は高精度に位置決めされる。

#### 【0064】

このときに、既に説明したように、ウエハステージ側には複数の指標マークIMの像が投影光学系PLを介して投影される。この状態で、図4において、計測用ステージ14を駆動して、測定板20上のスリットでその指標マークIMの像をX方向、Y方向に走査し、測定板20の底部の光電センサの検出信号を結像特性演算系11で処理することによって、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。また、測定板20のフォーカス位置を所定量ずつ変えながら、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。これらの測定結果より、結像特性演算系11は、投影光学系PLの投影像のベストフォーカス位置、像面湾曲、ディストーション(倍率誤差を含む)といった結像特性の変動量を求める。この変動量は主制御系10に供給され、その変動量が許容範囲を超える場合には、主制御系10は投影光学系PLの結像特性を補正する。

#### 【0065】

以上のように、本例の投影露光装置では、ウエハアライメントセンサ16によって基準マークMA, MBの位置を検出して、この位置情報に基づいてレーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yのプリセットを行うため、レーザ干渉計15X1, 15X2, 15YによりウエハステージWST、又は計測用ステージ14の位置を高い再現性で高精度に計測して制御することができる。同様に、レチクルアライメント顕微鏡RA, RBにより基準マークMC1, MC2又はMD1, MD2の位置を検出して、レーザ干渉計7X1, 7X2のリセット等を行うことにより、レチクルステージRST、又は計測用ステージ5の位置を高い再現性で高精度に計測して制御することができる。

#### 【0066】

次に、本発明の第2の実施の形態につき図5～図12を参照して説明する。本

例は、二重露光法により露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。

図5は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図5において、本例の投影露光装置は、ベース盤86を感応基板としてのウエハW1, W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する複数の可動ステージとしてのウエハステージWST1, WST2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL1、投影光学系PL1の上方でマスクとしてのレチクルR1又はR2（図6参照）を所定の走査方向に駆動するレチクル駆動機構、レチクルR1, R2を上方から照明する照明系、及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。以下、投影光学系PL1の光軸AX1に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図5の紙面に平行にX軸を、図5の紙面に垂直にY軸を取って説明する。本例では、Y軸に平行な方向（Y方向）が走査方向である。

#### 【0067】

まず、ステージ装置は、ベース盤86上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X方向及びY方向に独立して移動自在な2つのウエハステージWST1, WST2と、これらのウエハステージWST1, WST2を駆動するウエハステージ駆動系81Wと、ウエハステージWST1, WST2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

#### 【0068】

これをさらに詳述すると、ウエハステージWST1, WST2の底面には不図示のエアパッド（例えば、真空予圧型空気軸受け）が複数箇所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数 $\mu$ mの間隔を保った状態で、ウエハステージWST1, WST2はベース盤86上に浮上支持されている。

#### 【0069】

図7は、ウエハステージWST1, WST2の駆動機構を示し、この図7において、ベース盤86上には、X方向に延びる2本のX軸リニアガイド95A, 95Bが平行に設けられている。X軸リニアガイド95A, 95Bに沿ってそれぞれリニアモータ用の1組の永久磁石が固定されており、これらのX軸リニアガイ

ド 95 A 及び 95 B に沿って移動自在にそれぞれ 2 つの移動部材 93 A, 93 C 及び 2 つの移動部材 93 B, 93 D が取り付けられている。これら 4 つの移動部材 93 A ~ 93 D の底面部には、X 軸リニアガイド 95 A 又は 95 B を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルと X 軸リニアガイド 95 A 又は 95 B とによって、各移動部材 93 A ~ 93 D を X 方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータがそれぞれ構成されている。そこで、以下の説明では、便宜上、これらの移動部材 93 A ~ 93 D を「X 軸リニアモータ」と呼ぶものとする。

## 【0070】

この内 2 つの X 軸リニアモータ 93 A, 93 B は、Y 方向に延びる Y 軸リニアガイド 94 A の両端に設けられ、残り 2 つの X 軸リニアモータ 93 C, 93 D も、Y 方向に延びる Y 軸リニアガイド 94 B の両端に固定されている。Y 軸リニアガイド 94 A, 94 B にはそれぞれ Y 方向に沿ってリニアモータ用の 1 組の駆動コイルが固定されている。従って、Y 軸リニアガイド 94 A は、X 軸リニアモータ 93 A, 93 B によって X 軸リニアガイド 95 A, 95 B に沿って X 方向に駆動され、Y 軸リニアガイド 94 B は、X 軸リニアモータ 93 C, 93 D によって X 軸リニアガイド 95 A, 95 B に沿って X 方向に駆動される。

## 【0071】

一方、ウエハステージ WST 1 の底部には、一方の Y 軸リニアガイド 94 A を上方及び側方から囲む不図示の 1 組の永久磁石が設けられており、この永久磁石と Y 軸リニアガイド 94 A とによってウエハステージ WST 1 を Y 方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。同様に、ウエハステージ WST 2 の底部に設けられた不図示の 1 組の永久磁石と、Y 軸リニアガイド 94 B とによってウエハステージ WST 2 を Y 方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

## 【0072】

即ち、本例では、上述した X 軸リニアガイド 95 A, 95 B、X 軸リニアモータ 93 A ~ 93 D、Y 軸リニアガイド 94 A, 94 B 及びウエハステージ WST 1, WST 2 の底部の不図示の永久磁石等によって、ウエハステージ WST 1,

WST2を独立してXY平面上で2次元駆動するステージ系が構成されている。これらのウエハステージWST1, WST2は、図5のステージ駆動系81Wを介してステージ制御装置38によって制御される。ステージ制御装置38の動作は主制御装置90によって制御されている。

【0073】

なお、Y軸リニアガイド94Aの両端に設けられた一対のX軸リニアモータ93A, 93Bの推力のバランスを若干変化させることで、ウエハステージWST1に微少なヨーイングを発生させたり、除去することも可能である。同様に、一対のX軸リニアモータ93C, 93Dの推力のバランスを若干変化させることで、ウエハステージWST2に微少なヨーイングを発生させたり、除去することもできる。これらのウエハステージWST1, WST2上には、不図示のウエハホルダを介してそれぞれウエハW1, W2が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・ $\theta$ 駆動機構によってZ方向及び $\theta$ 方向（Z軸の回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。

【0074】

また、ウエハステージWST1の-X方向及び+Y方向の側面は、鏡面仕上げがなされた反射面84X, 84Y（図6参照）となっており、同様に、ウエハステージWST2の+X方向及び+Y方向の側面は、鏡面仕上げがなされた反射面85X, 85Yとなっている。これらの反射面が移動鏡に対応しており、これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各レーザ干渉計からレーザビームよりなる計測ビーム92X2, 92X5, 92Y1~92Yが投射され、その反射光を各レーザ干渉計で受光することにより、各反射面の基準面（一般には投影光学系側面やアライメント光学系の側面に参照ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWST1, WST2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの構成については、後に詳述する。

【0075】

図5において、投影光学系PL1としては、Z方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例え

ば 1/5 を有する屈折光学系が使用されている。なお、投影光学系 P L 1 として反射屈折系や反射系を使用してもよい。

この投影光学系 P L 1 の X 方向の両側には、図 5 に示すように、互いに同じ機能を持ったオフ・アクシス (off-axis) 方式のアライメント系 88 A, 88 B が、投影光学系 P L 1 の光軸 A X 1 (レチクルパターンの投影像の中心と一致する) よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系 88 A, 88 B は、スリット状のレーザビームを用いる L S A (Laser Step Alignment) 系、画像処理方式の F I A (Field Image Alignment) 系、例えば 2 本のヘテロダインビームの回折光を検出する L I A (Laser Interferometric Alignment) 系の 3 種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークの 2 次元方向 (X 方向及び Y 方向) の位置計測を行うことができる。本例では、これら 3 種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の 3 点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行っている。

#### 【0076】

この場合、一方のアライメント系 88 A は、ウエハステージ W S T 1 上に保持されたウエハ W 1 上のアライメントマークの位置計測等に用いられる。また、他方のアライメント系 88 B は、ウエハステージ W S T 2 上に保持されたウエハ W 2 上のアライメントマークの位置計測等に用いられる。これらのアライメント系 88 A, 88 B を構成する各アライメントセンサからの検出信号は、アライメント制御装置 80 に供給され、アライメント制御装置 80 では供給された検出信号を A/D (アナログ/デジタル) 変換し、デジタル化した波形信号を演算処理してマーク位置を検出する。この検出結果が主制御装置 90 に送られ、主制御装置 90 からその検出結果に応じてステージ制御装置 38 に対して露光時の位置補正情報等が出力されるようになっている。

#### 【0077】

また、図示省略したが、投影光学系 P L 1、及びアライメント系 88 A, 88 B のそれぞれには、ウエハ W 1 (又は W 2) の露光面のベストフォーカス位置が



らのデフォーカス量を検出するためのオートフォーカス／オートレベリング計測機構（以下、「AF／AL系」という）が設けられている。この内、投影光学系 PL1 の AF／AL 系としては、いわゆる斜入射方式の多点 AF 系が使用されている。そして、アライメント系 88A, 88B にも同様な AF／AL 系が設けられている。即ち、本例では、露光時のデフォーカス量の検出に用いられる AF／AL 系とほぼ同一の計測領域に対して、アライメントシーケンス時に用いられる AF／AL 系によっても検出ビームが照射できる構成となっている。このため、アライメント系 88A, 88B を使用したアライメントシーケンス時にも、露光時と同程度の合焦精度で高精度にアライメントマークの位置計測を行うことができる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発生しなくなる。

#### 【0078】

次に、レチクル駆動機構について、図5及び図6を参照して説明する。このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤 79 上をレチクル R1 を保持して XY 平面の 2 次元方向に移動可能なレチクルステージ RST1 と、同じ移動面に沿ってレチクル R2 を保持して 2 次元方向に移動可能なレチクルステージ RST2 と、これらのレチクルステージ RST1, RST2 を駆動する不図示のリニアモータと、これらのレチクルステージ RST1, RST2 の位置を管理するレチクル干渉計システムとを備えている。

#### 【0079】

これを更に詳述すると、図6に示されるように、これらのレチクルステージ RST1, RST2 は走査方向（Y 方向）に直列に設置されており、不図示の空気軸受を介してレチクルベース盤 79 上に浮上支持され、レチクルステージ駆動機構 81R（図5参照）により X 方向の微小駆動、 $\theta$  方向の微小回転及び Y 方向の走査駆動がなされるように構成されている。なお、レチクルステージ駆動機構 81R は、ウエハ用のステージ装置と同様のリニアモータを駆動源としているが、図5では説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージ RST1, RST2 上のレチクル R1, R2 が例えば二重露光の際に選択的に使用され、何れのレチクル R1, R2 についてもウエハ W1

、W2と同期走査できる様な構成となっている。

#### 【0080】

これらのレチクルステージRST1、RST2上には、+X方向の側面に、レチクルステージRST1、RST2と同じ素材（例えばセラミックス等）から成る移動鏡82A、82BがそれぞれY方向に延設されており、これらの移動鏡82A、82Bの+X方向の反射面に向けてレーザ干渉計（以下、単に「干渉計」という）83X1～83X5からレーザビームよりなる計測ビーム91X1～91X5が照射され、干渉計83X1～83X5ではその反射光を受光して所定の基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRST1、RST2のX方向の位置を計測している。ここで、干渉計83X3からの計測ビーム91X3は、実際にはそれぞれ独立に変位計測できるY方向に離れた2本の計測ビームを有しており、これらの2つの計測値よりレチクルステージRST1、RST2のX方向の位置とヨーイング量（Z軸の回りの回転角）とを計測することができる。

#### 【0081】

本例では、計測ビーム91X1～91X5のY方向の間隔は、移動鏡82A、82BのY方向の幅よりも短く設定されており、これによって移動鏡82A、82Bには常時何れかの計測ビーム91X1～91X5が照射されている。また、或る時点で隣接する2本の計測ビーム（例えば91X1、91X2）が同一の移動鏡（例えば82B）に同時に照射されるようになり、この状態を対応する干渉計83X1、83X2が部分的に計測範囲を重複しているとみなすことができる。これによって、後述のように干渉計83X1～83X4の計測値を順次干渉計83X2～83X5の計測値に高精度に受け渡すことができる。干渉計83X1～83X5の計測値は図5のステージ制御装置38に供給され、これらの計測値に基づいてステージ制御装置38は、ウエハステージWST1、WST2との同期誤差を補正するために、レチクルステージ駆動機構81Rを介してレチクルステージRST1、RST2の回転制御やX方向の位置制御を行なう。

#### 【0082】

一方、図6において、第1のレチクルステージRST1の走査方向に沿った一

Y方向の端部には、一对の移動鏡としてのコーナーキューブ89A, 89Bが設置されている。そして、一对のダブルパス方式の干渉計（不図示）から、これらのコーナーキューブ89A, 89Bに対して、それぞれ2本のレーザビームよりなる計測ビーム（図6では、1本の計測ビームで代表している）91Y1, 91Y2が照射され、その不図示の一对の干渉計によって所定の基準面に対してレチクルステージRST1のY方向の相対変位が計測される。また、第2のレチクルステージRST2の+Y方向の端部にも、一对のコーナーキューブ89C, 89Dが設置され、一对のダブルパス方式の干渉計83Y3, 83Y4からこれらのコーナーキューブ89C, 89Dに対して計測ビーム91Y3, 91Y4（実際にはそれぞれ2本のレーザビームよりなる）が照射され、干渉計83Y3, 83Y4によってそれぞれレチクルステージRST2のY方向の変位が計測されている。

#### 【0083】

これらのダブルパス方式の干渉計の計測値も、図5のステージ制御装置38に供給され、その計測値に基づいてレチクルステージRST1, RST2のY方向の位置が制御される。即ち、本例では、計測ビーム91X1～91X5を有する干渉計83X1～83X5と、計測ビーム91Y1, 91Y2及び計測ビーム91Y3, 91Y4を有する2対のダブルパス方式の干渉計とによってレチクルステージ用の干渉計システムが構成されている。なお、干渉計83X1～83X5が図5では干渉計83で表され、移動鏡82A, 82B及び計測ビーム91X1～91X5がそれぞれ図5では移動鏡82及び計測ビーム91Xで表されている。

#### 【0084】

次に、ウエハステージWST1, WST2の位置を管理する干渉計システムについて図5～図7を参照して説明する。

図5～図7に示すように、投影光学系PL1の投影像の中心（光軸AX1）と、アライメント系88A, 88Bのそれぞれの検出中心とを通りX軸に平行な軸に沿って、ウエハステージWST1の-X方向の側面の反射面84Xには、干渉計87X2から3軸のレーザビームよりなる計測ビーム92X2が照射されてい

る。同様に、ウエハステージWST2の+X方向の側面の反射面85Xには、干渉計87X5から3軸のレーザビームよりなる計測ビーム92X5が照射されている。干渉計87X2, 87X5ではそれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からのX方向への相対変位を計測している。

#### 【0085】

この場合、図6に示すように、計測ビーム92X2及び92X5は、それぞれ互いに独立に変位計測を行うことができる3軸のレーザビームであるため、対応する干渉計87X2, 87X5は、それぞれウエハステージWST1, WST2のX方向の位置を計測する以外に、各ステージのチルト角（Y軸の回りの回転角）計測、及びヨーイング角（Z軸回りの回転角）の計測をすることができる。この場合、本例のウエハステージWST1及びWST2には、図6に示すようにそれぞれウエハW1及びW2のZ方向への微小駆動、傾斜角の駆動、及びZ軸の回りの回転駆動を行うためのZ・レベリングステージLS1及びLS2が設けられているが、Z・レベリングステージLS1及びLS2は実際には反射面84X, 85Xよりも低い部分にある。従って、ウエハW1, W2のチルト角制御、及びヨーイング角制御の際の駆動量は全て、これらの干渉計87X2, 87X5によりモニタすることができる。

#### 【0086】

なお、X軸の計測ビーム92X2, 92X5は、ウエハステージWST1, WST2の移動範囲の全域で常にウエハステージWST1, WST2の反射面84X, 85Xに照射されるようになっている。従って、X方向については、投影光学系PL1を用いた露光時、又はアライメント系88A, 88Bの使用時等の何れの場合にも、ウエハステージWST1, WST2のX方向の位置は計測ビーム92X2, 92X5を用いた計測値に基づいて管理される。

#### 【0087】

また、図6及び図7に示すように、ウエハステージWST1, WST2の+Y方向の側面が移動鏡としての反射面84Y及び85Yに加工されており、投影光学系PL1の光軸AX1を通りY軸に平行な計測ビーム92Y3が干渉計87Y3から反射面84Y, 85Yに照射されている。また、アライメント系88A,

88Bのそれぞれの検出中心を通りY軸に平行な計測ビーム92Y1, 92Y5をそれぞれ有する干渉計87Y1, 87Y5も設けられている。本例の場合、投影光学系PL1を用いた露光時のウエハステージWST1, WST2のY方向の位置計測には、計測ビーム92Y3を持つ干渉計87Y3の計測値が用いられ、アライメント系88A、又は88Bの使用時のウエハステージWST1、又はWST2のY方向の位置計測には、それぞれ干渉計87Y1又は87Y5の計測値が用いられる。

#### 【0088】

従って、各使用条件により、Y軸の干渉計87Y1, 87Y3, 87Y5の計測ビームがウエハステージWST1, WST2の反射面84Y, 85Yより外れる場合がある。そのため、本例では、干渉計87X1及び87Y3の間にY軸に平行な計測ビーム92Y2を持つ干渉計87Y2を設け、干渉計87Y3及び87Y5の間にY軸に平行な計測ビーム92Y4を持つ干渉計87Y4を設けることにより、ウエハステージWST1, WST2の反射面84Y, 85Yに常時、少なくとも一つの干渉計からの計測ビームが照射されるようにしている。このために、移動鏡としての反射面84Y及び85YのX方向の幅をDX1とすると、計測ビーム92Y1, 92Y2, ..., 92Y5のX方向の間隔DX2を幅DX1よりも狭く設定している。この結果、計測ビーム92Y1~92Y5中の隣接する2つの計測ビームが同時に反射面84Y, 85Y上に照射される場合が必ず生じる（部分的に重複する計測範囲を有する）ため、後述のようにその状態で第1の干渉計から第2の干渉計に計測値の受け渡しを行っている。これによって、ウエハステージWST1, WST2はY方向においても、高い再現性で高精度に位置決めが行われる。

#### 【0089】

なお、Y方向の位置計測用の計測ビーム92Y1, 92Y3, 92Y5は、それぞれZ方向に離れて独立に位置計測を行うことができる2軸のレーザビームよりなるため、対応する干渉計87Y1, 87Y3, 87Y5は、それぞれ計測対象の反射面84Y, 85YのY方向の位置の他に、X軸の回りの傾斜角（チルト角）の計測も行うことができる。本例では、干渉計87X2, 87X5, 87Y

1～87Y5の合計7つの干渉計によって、ウエハステージWST1, WST2の2次元の座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。本例では、後述するように、ウエハステージWST1, WST2の内的一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、及びウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの機械的な干渉がないように、各干渉計の計測値に基づいてステージ制御装置38が、ウエハステージWST1, WST2の位置及び速度制御を行っている。

#### 【0090】

次に、本例の照明系及び制御系について、図5に基づいて説明する。図5において、露光光源であるKrF、ArF、又はF<sub>2</sub>等のエキシマレーザ光源と減光システム（減光板等）とよりなる光源部40から射出されたパルスレーザ光よりなる露光光は、シャッタ42を透過した後、ミラー44により偏向されて、ビームエキスパンダ46, 48により適当なビーム径に整形され、第1フライアイレンズ50に入射する。この第1フライアイレンズ50から射出された露光光は、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56を介して第2フライアイレンズ58に入射する。この第2フライアイレンズ58より射出された露光光は、レンズ60を経て、レチクルR1（又はR2）と共役な位置に設置された固定ブラインド62に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクルとの共役面から僅かにデフォーカスした位置に配置された可動ブラインド64を通過して、リレーレンズ66, 68を経て均一な照度分布の光として、レチクルR1上の所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域IA（図6参照）を照明する。

#### 【0091】

次に、本例の制御系は、装置全体を統轄的に制御する主制御装置90を中心に、この主制御装置90の管轄下にある露光量制御装置70及びステージ制御装置38等から構成されている。例えばレチクルR1のパターンをウエハW1に露光する場合には、露光量制御装置70は、レチクルR1とウエハW1との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置72に指示してシャッタ駆動部74を駆動させてシャッタ42をオープンする。

#### 【0092】

この後、ステージ制御装置 38 により、主制御装置 90 の指示に応じてレチクル R1 とウエハ W1、即ちレチクルステージ RST1 とウエハステージ WST1 との同期走査（走査制御）が開始される。この同期走査は、前述したウエハステージ用の干渉計システムの計測ビーム 92Y3、92X2 及びレチクルステージ用の干渉計システムの計測ビーム 91Y1、91Y2、91X3 の計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置 38 によってステージ駆動系 81W、及びレチクルステージ駆動機構 81R を制御することにより行われる。

#### 【0093】

そして、両ステージ RST1、WST1 が所定の同期誤差以内で投影倍率比を速度比として、それぞれ等速度駆動された時点で、露光量制御装置 70 では、レーザ制御装置 76 に指示してパルス発光を開始させる。これにより、露光光によってレチクル R1 の矩形の照明領域 IA（図 6 参照）が照明され、その照明領域 IA 内のパターンの像が投影光学系 PL1 により 1/5 倍に縮小され、その表面にフォトリソが塗布されたウエハ W1 上に投影露光される。ここで、図 6 から明らかなように、レチクル R1 上のパターン領域に比べ照明領域 IA の走査方向の幅は狭く、レチクル R1 とウエハ W1 とを同期走査することで、パターン領域の全面の像がウエハ上のショット領域に順次転写される。この露光の際に、露光量制御装置 70 は、ミラー駆動装置 78 に指示して振動ミラー 54 を駆動させることで、2つのフライアイレンズ 50、58 で発生する干渉縞による照度むらの低減を行う。

#### 【0094】

また、走査露光中にウエハ W1 上の各ショット領域のエッジ部の近傍に、レチクル R1 上のパターン領域の外部（遮光帯の外部）を通過した露光光が漏れないように、レチクル R1 とウエハ W1 との走査に同期して可動ブラインド 64 がブラインド制御装置 39 によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置 38 により管理されている。更に、主制御装置 90 では、例えば、走査露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージとの助走開始位置等を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置 38 に対してステージ位置の補正值を指示する。

## 【0095】

次に、上記のように本例のレチクルステージRST1、RST2、及びウエハステージWST1、WST2にはそれぞれ部分的に計測範囲が重複している複数の干渉計が配置されており、干渉計の計測値が順次受け渡されるように構成されている。以下では、図7のウエハステージWST2、及び2つのY軸の干渉計87Y3及び87Y4を例に取って、干渉計の計測値の受け渡し動作、即ち干渉計の計測値のプリセット動作につき図7～図10を参照して説明する。

## 【0096】

まず、図7の位置にあるウエハステージWST2が-X方向に移動すると、この移動の途中で計測ビーム92Y4が、ウエハステージWST2の移動鏡としての反射面85Yに入射しなくなる。逆に、ウエハステージWST2が+X方向に移動すると、この移動の途中で計測ビーム92Y3が、反射面85Yに入射しなくなる。そこで、干渉計87Y4と干渉計87Y3との間で、計測値の受け渡しを高精度に行って、干渉計87Y4、87Y3の何れかを用いて再現性の有る状態でウエハステージWST2のY座標の計測を行う必要がある。このため、本例では、次のような工夫をしている。

## 【0097】

図8(a)は、図7のウエハステージWST2を示す平面図であり、この図8(a)において、ウエハステージWST2のX方向の変位は、X軸の干渉計87X5によって、また、ウエハステージWST2のY方向の変位は、2つの干渉計87Y3、87Y4によって測定されている。干渉計87Y3、87Y4の計測ビーム92Y3、92Y4のX方向の間隔DX2は、ウエハステージWST2の反射面85YのX方向の幅DX1より狭くなっている。

## 【0098】

ここで、本例の干渉計87Y4、87Y3はそれぞれヘテロダイン干渉方式のレーザ干渉計であり、計測ビームの光源としては共通の不図示の2周波数発振レーザ（例えばゼーマン効果型の波長633nmのHe-Neレーザ光源）が使用されている。この2周波数発振レーザからは互いに偏光方向が直交し、所定の周波数差 $\Delta f$ （例えば2MHz程度）を有する第1、及び第2の光束が同軸にヘテ



ロダインビームとして射出されており、先ずこのヘテロダインビームを例えば  $1/10$  程度分岐して検光子で混合させた干渉光を光電変換することで周波数  $\Delta f$  の参照信号  $S_R$  が生成され、この参照信号  $S_R$  が干渉計 87Y4、87Y3 内のそれぞれの位相比較器 26 (図9参照) に供給されている。

#### 【0099】

また、上記のヘテロダインビームをそれぞれ  $1/10$  程度分岐して得られた第1、及び第2のヘテロダインビームが干渉計 87Y3、87Y4 に供給されており、干渉計 87Y4 は第2のヘテロダインビームの偏光方向が直交する2光束の一方を計測ビーム 92Y4 として、他方を参照ビーム (不図示) として、参照ビームは不図示の参照鏡で反射される。そして、反射された参照ビームと、反射面 85Y で反射された計測ビーム 92Y4 とを検光子で混合させた干渉光を光電変換することで周波数  $\Delta f$  で、かつ位相が変化する測定信号  $S_2$  が生成されて図9の位相比較器 26 に供給され、位相比較器 26 において、上記の参照信号  $S_R$  と測定信号  $S_2$  との位相差  $\phi_2$  が所定の分解能 (例えば  $2\pi/100$  (rad)) で検出されて積算器 27 に供給される。

#### 【0100】

この際に、計測ビーム 92Y3、92Y4 の波長を  $\lambda$  として、1以上の整数  $m$  を用いて、反射面 85Y がY方向に  $\lambda/m$  (本例のようにシングルパス方式では  $m=2$ 、一方、ダブルパス方式では  $m=4$ ) だけ移動したときに、その位相差  $\phi_2$  が  $2\pi$  (rad) 変化する。また、位相差  $\phi_2$  の範囲は  $0 \leq \phi_2 < 2\pi$  であり、図9の積算器 27 では、位相差  $\phi_2$  が  $2\pi$  を+方向に横切る際に所定の整数 (干渉の次数に相当する)  $N_2$  に1を加算して、位相差  $\phi_2$  が0を一方向に横切る際にその整数  $N_2$  から1を減算する。そして、計測中は積算器 27 は  $\{N_1 + \phi_2 / (2\pi)\}$  に  $\lambda/m$  を乗じた計測値  $P_2$  をウエハステージ WST2 のY方向の絶対位置としてステージ制御装置 38 に送る。

#### 【0101】

同様に、干渉計 87Y3 においても、計測ビーム 92Y3 から得られる測定信号  $S_1$  と上記の参照信号  $S_R$  との位相差  $\phi_1$ 、この位相差  $\phi_1$  が  $2\pi$ 、又は0を横切る毎に増減する整数  $N_1$ 、及び  $\lambda/m$  から算出される計測値  $P_1$  をステージ

制御装置38に送る。即ち、干渉計87Y3, 87Y4はそれぞれウエハステージWST2のY方向の位置を、 $\lambda/m$ の幅内では絶対位置として計測している。

#### 【0102】

そして、本例のX軸の干渉計87X5は、図6に示すようにY方向に離れた2つのレーザビームを備えているため、これら2つのレーザビームによる反射面85XのX座標の計測値の差分より、ウエハステージWST2の回転角 $\theta W2$ を計測できる。そこで、予め図8(a)の状態でその回転角 $\theta W2$ が0となるようにウエハステージWST2を静止させた「初期状態」で、干渉計87Y4, 87Y3における整数 $N2, N1$ を0にリセットすると共に、計測される位相差 $\phi2, \phi1$ に $\{1/(2\pi)\}(\lambda/m)$ を乗じて得られる計測値(初期値) $P20, P10$ をステージ制御装置38に取り込む。

#### 【0103】

そして、ステージ制御装置38では、干渉計87Y4, 87Y3の計測値のオフセットをそれぞれ $-P20, -P10$ として、この後は干渉計87Y4, 87Y3から供給される計測値 $P2, P1$ にそのオフセット( $-P20, -P10$ )を加算した値を、干渉計87Y4, 87Y3の実際の計測値 $P2', P1'$ とする。即ち、この計測値 $P2', P1'$ は、上記の初期状態からのウエハステージWST2のY方向への変位量を正確に表すことになる。その計測値の初期値( $P20, P10$ )は記憶されている。

#### 【0104】

さて、図8(a)において、ウエハステージWST2が-X方向に更に移動して、図8(b)に示す位置に達したとする。図8(b)では、干渉計87Y4の計測ビーム92Y4が移動鏡としての反射面85Yから外れている。この状態では、ウエハステージWST2のY座標は、干渉計87Y3によって計測されているものとする。この状態から再び図8(a)に示す位置に向かってウエハステージWST2が+X方向に移動を始め、反射面85Yが干渉計87Y4の計測ビーム92Y4の照射範囲(測定範囲)内に入った際に、干渉計87Y4の計測値を以下のようにして設定(プリセット)する。

#### 【0105】

まず、X軸の干渉計 87X5 の計測ビーム 92X5 (2本のレーザビーム) によってウェハステージ WST2 の回転角  $\theta W2$  (ほぼ 0 に近い微小量 (rad) である) を計測する。この状態で、図 8 (a) において、計測ビーム 92Y3 を用いる干渉計 87Y3 による Y 座標の計測値  $P1$  を求める。ただし、この計測値  $P1$  は、オフセット補正を行う前の直接の計測値である。そして、例えばステージ制御装置 38 において、その計測値  $P1$  より干渉計 87Y4 の干渉の次数  $N2$  ( $N2$  は整数) と、端数  $\varepsilon 2 / (2\pi)$  との推定値を求める。この端数  $\varepsilon 2$  は、上記の  $\phi 2$  に対応する値である。

【0106】

即ち、ステージ制御装置 38 内の演算部は、計測ビーム 92Y3, 92Y4 の間隔  $DX2$ 、ウェハステージ WST2 の回転角の計測値  $\theta W2$ 、干渉計 87Y3 の計測値  $P1$ 、及び干渉計 87Y4, 87Y3 の計測値の初期値の差分 ( $= P20 - P10$ ) より、干渉計 87Y4 のオフセット補正前の計測値  $P2$  の推定値  $P2'$  を次のように算出する。

$$P2' = P1 + DX2 \cdot \theta W2 + (P20 - P10)$$

【0107】

例えば回転角の計測値  $\theta W2$  の計測精度が高い場合には、この推定値  $P2'$  をそのまま干渉計 87Y4 の現在の計測値  $P2$  の値としてプリセットしてもよい。しかしながら、計測値  $\theta W2$  には或る程度の計測誤差が含まれていることがあるため、干渉計 87Y4 は幅  $\lambda/m$  単位で絶対位置を計測できることを利用して、その演算部はその指定値  $P2'$  を整数分と端数分とに分解する。従って、干渉計 87Y4 の計測値の推定値  $P2'$  の中で長さ  $\lambda/m$  の  $N2$  倍の残りの値が端数  $\varepsilon 2 / (2\pi)$  となる。即ち、ステージ制御装置 38 は次のように整数  $N2$ 、及び端数  $\varepsilon 2$  を算出 (推定) する。

【0108】

$$N2 = g \{ P2' / (\lambda/m) \} \quad (1)$$

$$\varepsilon 2 = \{ P2' / (\lambda/m) - N2 \} (2\pi) \quad (2)$$

ここで、 $g \{ X \}$  は、 $X$  を超えない最大の整数を与える関数である。後に詳述するようにステージ制御装置 38 では、計測値  $P1$  から得られる干渉の次数及び

端数の推定値 ( $N_2$ ,  $\varepsilon_2$ ) と、干渉計 87Y4 で実際に計測される位相差 (絶対位相)  $\phi_2$  とから、干渉計 87Y4 の整数 (次数)  $N_2$  のプリセット値を決定する。

#### 【0109】

図 9 は、本例のステージ制御装置 38 の一部、及び干渉計 87Y4 の一部を示し、図 9 に示すように、干渉計 87Y4 は、例えばレーザ光源から出力された参照信号 SR と測定信号 S2 (計測ビームと参照ビームとの干渉光の光電変換信号) とが入力される位相比較器 26 を有している。位相比較器 26 は、参照信号 SR と測定信号 S2 との位相差  $\phi_2$  を検出し、検出された位相差  $\phi_2$  は積算器 27 に出力されると共に、ステージ制御装置 38 内の計算処理装置 28 にも出力されている。なお、他の干渉計もそれぞれ位相比較器 26、及び積算器 27 を備えている。

#### 【0110】

積算器 27 は、計測時には上記のようにその位相差  $\phi_2$  の変化より整数  $N_2$  を積算して、 $\{N_2 + \phi_2 / (2\pi)\}$  に  $(\lambda/m)$  を乗じて得られる計測値 P2 を、移動鏡 (本例では反射面 85Y) の移動量を示す情報としてステージ制御装置 38 に出力している。但し、今のように計測値の受け渡しを行うときには、計算処理装置 28 では、位相比較器 26 から入力された位相差  $\phi_2$  と、上記の演算部から入力された端数の推定値  $\varepsilon_2$  とを比較する。この比較は、推定された位相差の推定値  $\varepsilon_2$  が 0 (ゼロ) 又は  $2\pi$  に近い場合、推定した干渉の次数を示す整数  $N_2$  が  $\pm 1$  の範囲でずれている可能性があるため、その検証のために行うものである。この比較の動作を図 10 を参照しつつ説明する。便宜上、図 10 では、 $N_2$  の推定値を次数 N としている。

#### 【0111】

図 10 (a) ~ (c) において、横軸は参照信号と計測信号との位相差を表し、特に干渉の次数  $k = N - 1$ ,  $k = N$ ,  $k = N + 1$  の範囲の位相差を図示している。1つの次数内で位相差は  $2\pi$  変化している。図 10 (a) は、実際の位相差  $\phi_2$  と位相差の推定値  $\varepsilon_2$  との差の絶対値が  $\pi$  より小さい ( $|\phi_2 - \varepsilon_2| < \pi$ ) 場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差  $\phi_2$  は次数 N 内にある

ので、干渉の次数は推定値通り  $N$  であり、次数のプリセット値  $N' = N$  とする。  
 図 10 (b) は、実際の位相差  $\phi_2$  から位相の推定値  $\varepsilon_2$  を減じた値が  $\pi$  より大きい ( $\phi_2 - \varepsilon_2 > \pi$ ) 場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差  $\phi_2$  は次数  $N-1$  内にあるので、プリセット値  $N'$  は、 $N' = N-1$  とする。また、図 10 (c) は、実際の位相差  $\phi_2$  から位相の推定値  $\varepsilon_2$  を減じた値が  $-\pi$  より小さい ( $\phi_2 - \varepsilon_2 < -\pi$ ) 場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差  $\phi_2$  は次数  $N+1$  内にあるので、 $N' = N+1$  とする。

## 【0112】

計算処理装置 28 では、以上のようにして求めたプリセット値  $N'$  を、図 9 の積算器 27 に対するプリセット値 RE として出力する。積算器 27 では、プリセット値 RE (即ち  $N'$ ) を整数  $N_2$  のプリセット値として設定し、位相比較器 26 からの位相差  $\phi_2$  とその整数  $N'$  とから次のように Y 座標の計測値  $P_2$  を算出して、ステージ制御装置 38 に供給し、後は通常の計測動作を行う。

$$P_2 = (\lambda/m) \cdot N' + (\lambda/m) (\phi_2 / 2\pi) \quad (3)$$

これによって、干渉計 87 Y4 の計測値  $P_2$  は、実質的に元の値に復帰したことになると共に、干渉計 87 Y3 の計測値が干渉計 87 Y4 に正確に受け渡されたことになる。

## 【0113】

以上のように本例では、鏡面からの反射光が再び得られるようになった第 1 の干渉計にプリセット値を設定する際には、他の第 2 の干渉計の測定値から算出される測定値をその第 1 の干渉計の干渉の次数 ( $N_1$ 、又は  $N_2$ ) を決定するための推定値として利用し、推定された干渉の次数とその第 1 の干渉計で測定した位相差 (絶対位相)  $\phi$  とに基づいて、その第 1 の干渉計の干渉の次数 ( $N_1$ 、又は  $N_2$ ) のプリセット値、ひいては干渉計の計測値のプリセット値を決定するようにしている。この際には、測定ビームが鏡面から一旦外れているため、干渉の次数  $N_2$  又は  $N_1$  が不明であるが、他の干渉計の測定値から計算で干渉の次数が求められるため、その干渉計のプリセット値はその干渉計固有の精度で設定することができる。

## 【0114】

なお、装置立ち上げ時や、何らかの原因で全ての測定値に計測誤差が混入し、全ての干渉計の計測値をリセットする必要がある場合には、図9において、計算処理装置28に次数 $N2=0$ を送り、同じく計算処理装置28の出力（プリセット値） $RE (=0)$ を積算器27に設定するようにしておく必要がある。この場合は、結局のところ位相差（絶対位相） $\phi 2$ に対応する値だけが積算器27（干渉計87Y4）に設定されることになる。同様に干渉計87Y3の初期値も位相差 $\phi 1$ に対応する値となる。

#### 【0115】

また、積算器27の出力 $P2$ が必要に応じて計算処理装置18にフィードバックされるようにしてもよい。この場合、積算器27を例えばリセットした後、計算処理装置28からリセット値が積算器27に設定されるまでの間のウエハステージの変位量までを含めて積算器27にプリセット値として設定することができる。この際には、ウエハステージからの反射光が受光可能になったときから、プリセット値 $RE2$ が積算器27に設定されるまでの間のウエハステージの変位量まで考慮したより精密な初期値の設定を行うことができるようになる。

#### 【0116】

また、本例ではウエハステージ $WST2$ が移動する際には、ウエハステージ $WST2$ の側面85Yに干渉計87Y3～87Y5からの計測ビームの内何れか1本の計測ビームが照射されている必要がある。そのため、本例では、各計測ビーム間の間隔（例えば、図8に示す計測ビーム92Y3，92Y4の間隔 $DX2$ ）が、ウエハステージ $WST2$ のX方向の幅 $DX1$ よりも短くなるように干渉計を配置している。

#### 【0117】

また、図6のレチクルステージ $RST1$ ， $RST2$ の位置計測を行うための干渉計83X1～83X5においても、同様にして干渉計の初期値（プリセット値）設定が行われ、これに基づいて計測値の受け渡しが行われる。

次に、本例の投影露光装置では、ウエハステージ $WST1$ 及び $WST2$ との間でそれぞれウエハの交換を行う第1及び第2の搬送システムが設けられている。

#### 【0118】

第1の搬送システムは、図11に示すように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド96A、このローディングガイド96Aに沿って移動する第1及び第2のスライダ97A、97C、第1のスライダ97Aに取り付けられたアンロードアーム98A、第2のスライダ97Cに取り付けられたロードアーム98C等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWST1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ99とから構成される。

#### 【0119】

この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。ここでは、図11に示すように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

まず、主制御装置90では、ウエハステージWST1上の不図示のウエハホルダの真空吸着をオフにしてウエハW1'の吸着を解除する。次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ99を所定量上昇させる。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置を介してアンロードアーム98AをウエハW1'の真下に移動させる。この状態で、主制御装置90では、センターアップ99を所定位置まで下降駆動させて、ウエハW1'をアンロードアーム98Aに受け渡した後、アンロードアーム98Aの真空吸着を開始させる。次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置にアンロードアーム98Aの退避とロードアーム98Cの移動開始を指示する。これにより、アンロードアーム98Aが図11の-Y方向への移動を開始し、ウエハW1を保持したロードアーム98CがウエハステージWST1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置によりロードアーム98Cの真空吸着が解除され、続いてセンターアップ99を上昇駆動することで、ウエハW1がウエハステージWST1上に受け渡される。

#### 【0120】

また、ウエハステージWST2との間でウエハの受け渡しを行う第2の搬送システムは、図12に示すように、第1の搬送システムと対称に、第2のローディングガイド96B、この第2のローディングガイド96Bに沿って移動するスライダ97B及び97D、第3のスライダ97Bに取り付けられたアンロードアーム98B、第4のスライダ97Dに取り付けられたロードアーム98D等を含んで構成されている。ロードアーム98Dには次に露光されるウエハW2'が保持されている。

#### 【0121】

次に、本例の投影露光装置の2つのウエハステージWST1、WST2による並行処理について図11及び図12を参照して説明する。

図11には、ウエハステージWST2上のウエハW2に投影光学系PL1を介して露光を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWST1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWST1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行われる。なお、図11において、露光動作中のウエハステージWST2の位置制御は、干渉計システムの計測ビーム92X5、92Y3の計測値に基づいて行われ、ウエハ交換とアライメント動作とが行われるウエハステージWST1の位置制御は、干渉計システムの計測ビーム92X2、92Y1の計測値に基づいて行われる。このため、図5の主制御装置90ではステージ制御装置38に指示して、ウエハ交換とアライメント動作とをする前に、後述する干渉計の計測値の初期値設定（プリセット）を実施している。

#### 【0122】

ウエハ交換、及び干渉計の初期値設定に引き続いて、サーチアライメントが行われる。ウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWST1上で再度行われるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWST1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク（不図示）の位置を図5のアライメント系88AのLSA系のセンサ等を用



いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX方向、Y方向、及び $\theta$ 方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

#### 【0123】

このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式で求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム（計測ビーム92X2，92Y1）により、ウエハステージWST1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ（アライメントマーク位置データ）をもとに、ウエハステージWST1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のショット領域（サンプルショット）のアライメントマーク位置を図5のアライメント系88AのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを算出する。なお、このEGA方式のファインアライメントの際の各部の動作は図5の主制御装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行われる。

#### 【0124】

そして、ウエハステージWST1側で、ウエハ交換、及びアライメント動作が行われている間に、ウエハステージWST2側では、2枚のレチクルR1，R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行われる。

具体的には、前述したウエハW1側と同様にして、事前にEGA方式によるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW2上のショット配列データに基づいて、順次ウエハW2上のショット領域を投影光学系PL1の光軸下方に移動させた後、各ショット領域の露光の都度、図6のレチクルステージRST1（又はRST2）とウエハステージWST2とを走査方向に同期走査させることにより、走査露光が行われる。このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、ウエハW2の各ショット領域にレチクルR2を使って順次走査露光を行った後、レチクルステージRST1，RST2を+Y方向に所定量移

動してレチクルR1を助走開始位置に設定した後、走査露光を行う。このとき、レチクルR2とレチクルR1とでは露光条件（輪帯照明、変形照明等の照明条件、及び露光量等）や透過率が異なるので、予め露光データ等に基づいて各条件の変更を行う必要がある。このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

#### 【0125】

上述した図11に示す2つのウエハステージWST1, WST2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図12に示す位置までウエハステージWST1, WST2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWST2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWST1上のウエハW1は、投影光学系PL1の下で露光シーケンスが行われる。図12に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様に、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行されることとなる。

#### 【0126】

上記のように本例では、2つのウエハステージWST1, WST2を独立して2次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハW1, W2に対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとを並行して行うことにより、スループットの向上を図っている。ところが、2つのウエハステージを使って2つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行われる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行われる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行われる動作が他方のウエハステージで行われる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本例では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行われるように、各動作のタイミング調整が図られる。

#### 【0127】

例えば、走査露光中は、ウエハW1とレチクルR1、R2とを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージWST1上での走査露光中は、他方のウエハステージWST2上のウエハW2で行われるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。即ち、アライメントシーケンスにおける計測は、ウエハステージWST2を静止させた状態で行われるため、走査露光にとって外乱要因とならず、走査露光中に並行してマーク計測を行うことができる。一方、アライメントシーケンスにおいても、走査露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行えることになる。

#### 【0128】

また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、走査露光前、あるいは、同期走査が等速度で行われるようになる前後の加減速時（外乱要因となる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。なお、これらのタイミング調整は、主制御装置90によって行われる。

#### 【0129】

更に、本例では、複数枚のレチクルを使って二重露光を行うことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならないため、単一のウエハステージを用いる場合には、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下する。しかしながら、本例の2台のウエハステージを備えた投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できると共に、高解像度と焦点深度DOFの向上効果が得られる。

#### 【0130】

なお、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。2台のウエハステージを使用することによって、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する場合に比べてほぼ倍の高スループットを得ることができる。

なお、この第2の実施の形態において、第1の実施の形態のように、露光光の

状態又は結像特性を計測するための計測用ステージを更に設けるようにしてもよい。また、本例では、1次元モータの組み合わせによってウエハステージを駆動しているが、第1の実施の形態のように、平面モータによって2次的に駆動するようにしてもよい。

#### 【0131】

本実施の形態の投影露光装置は、多数の機械部品からなるレチクルステージRST(RST1, RST2)、ウエハステージWST(WST1, WST2)を組み立てるとともに、複数のレンズから構成される投影光学系PL(PL1)の光学調整を行い、更に、総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより製造することができる。

なお、投影露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

#### 【0132】

また、上記の実施の形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したが、本発明はこれに限られず、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置、プロキシミティ方式の露光装置、あるいは、X線等のEUV光を露光ビームとする露光装置や電子線(エネルギー線)を光源(エネルギー線)とする荷電粒子線露光装置であっても同様に適用することができる。また、露光装置のみならず、ウエハ等を位置決めするためのステージを使用する検査装置、又はリペア装置等に用いてもよい。

#### 【0133】

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

#### 【0134】

##### 【発明の効果】

本発明の第1のステージ装置によれば、個別の機能毎、又は所定の複数の機能群毎にそれぞれ可動ステージを設けることによって、各可動ステージを小型化させて、高速にかつ高精度に駆動することができる。また、複数の可動ステージをそれぞれ第1測定系の計測範囲よりも大きい範囲で移動させることができ、更に

、各可動ステージがその第1測定系の計測範囲内に入った際には、第1測定系によりその可動ステージの位置を高い再現性で高精度に計測することができる。

【0135】

次に、本発明の第2のステージ装置によれば、その複数の可動ステージの位置をそれぞれ広い計測範囲で、かつ高い再現性で高精度に計測できる。また、その第1測定系の計測結果をその第2測定系の計測結果に合わせるのみでその可動ステージの位置を第1測定系により高精度に計測できるため、スループットの向上を図ることができる。

【0136】

次に、本発明の第1の露光装置によれば、本発明のステージ装置を備えているため、例えば干渉計によりその可動ステージの位置を計測する場合には、移動鏡をその可動ステージの移動範囲よりも小さくすることができ、その可動ステージの重量を小さくすることができる。従って、その可動ステージを高速に移動させることが容易になり、高いスループットで二重露光法等を用いて露光を行うことができ、解像度、及び焦点深度の向上を図ることができる。

【0137】

次に、本発明の第2の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、そのマスクのパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置は、別の第2の可動ステージに搭載されるため、そのマスクのパターンを転写する際の特性を計測することもできる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

【0138】

次に、本発明の第3の露光装置によれば、例えばその複数の可動ステージの内の一方の可動ステージで露光動作を行いながら、別の可動ステージでは基板の搬入搬出及びアライメント動作を行うことができ、スループットの向上を図ることができる。

次に、本発明の第4の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、その投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置は、別の第2の可動ステージに搭載されるため、結像特性も計測できる。

#### 【0139】

次に、本発明の第1の位置決め方法によれば、迅速にその複数の可動ステージの位置を高精度に計測して位置決めすることができる。同様に、本発明の第2の位置決め方法によれば、迅速にその複数の可動ステージの位置を高精度に計測して位置決めすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の投影露光装置の概略構成図である。

【図2】 図1のウエハステージWST、及び計測用ステージ14を示す平面図である。

【図3】 図1のレチクルステージRST、及び計測用ステージ5を示す平面図である。

【図4】 第1の実施の形態において、計測用ステージ14を用いて露光光の状態等を計測する場合の説明に供する平面図である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態の投影露光装置の概略構成図である。

【図6】 図5の実施の形態の2つのウエハステージWST1、WST2と、2つのレチクルステージRST1、RST2と、投影光学系PL1と、アライメント系88A、88Bとの位置関係を示す斜視図である。

【図7】 図5のウエハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図8】 本発明の第2の実施の形態において実施される干渉計の計測値設定を説明するための図である。

【図9】 本発明の第2の実施の形態の干渉計システムに用いられる信号処理系の一部の概略構成を示す図である。

【図10】 本発明の第2の実施の形態の干渉計システムにおける信号処理

の一例を示す図である。

【図 1 1】 2つのウェハステージWST 1, WST 2を使用してウェハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

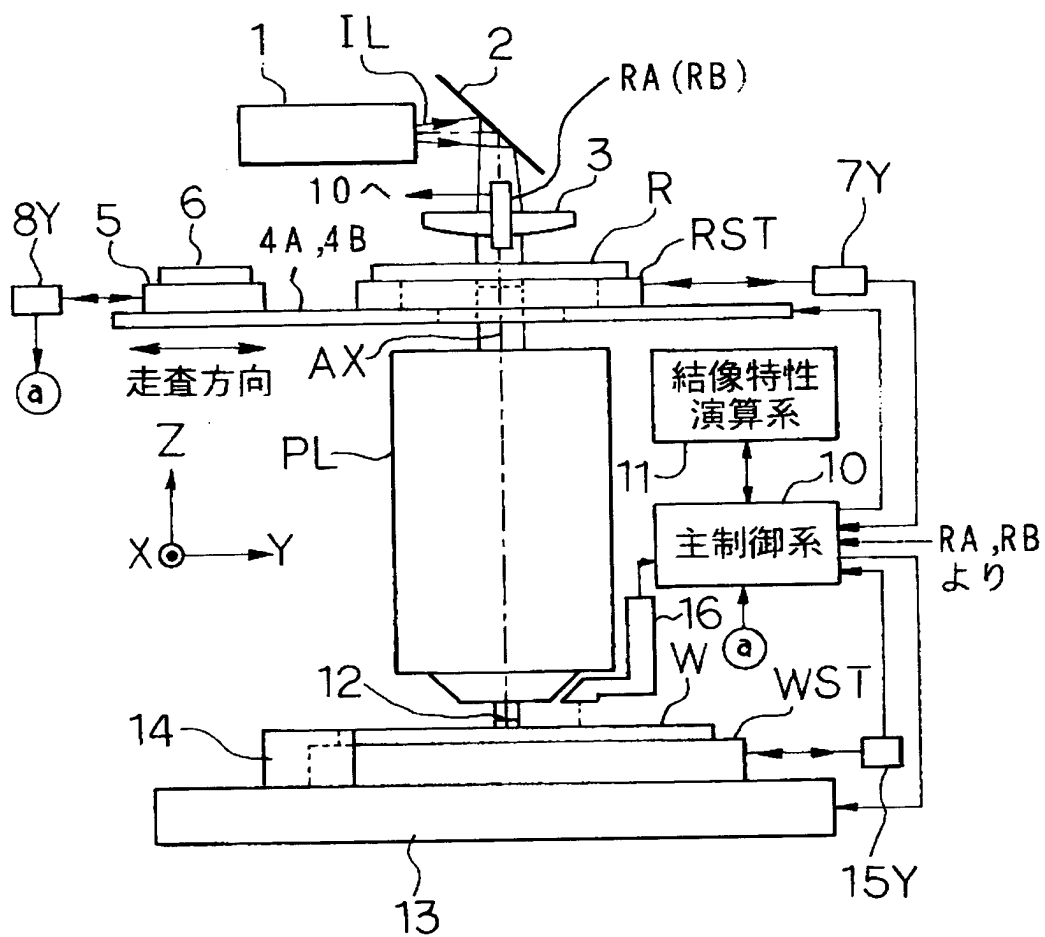
【図 1 2】 図 1 1のウェハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスと切り換えを行った状態を示す図である。

# 【符号の説明】

MA, MB, MC 1, MC 2, MD 1, MD 2…基準マーク、R, R 1, R 2…レチクル、RA, RB…レチクルアライメント顕微鏡、RST, RST 1, RST 2…レチクルステージ、W, W 1, W 2…ウェハ、WST, WST 1, WST 2…ウェハステージ、5…計測用ステージ、7 X 1, 7 X 2, 7 Y, 8 Y, 15 X 1, 15 X 2, 15 Y…レーザ干渉計、10…主制御系、11…結像特性演算系、13…定盤、14…計測用ステージ、16…ウェハアライメントセンサ、26…位相比較器、27…積算器、28…計算処理装置、38…ステージ制御装置、83 X 1～83 X 5, 83 Y 1～83 Y 4, 87 X 2, 87 X 5, 87 Y 1～87 Y 5…干渉計、88 A, 88 B…アライメント系、90…主制御装置

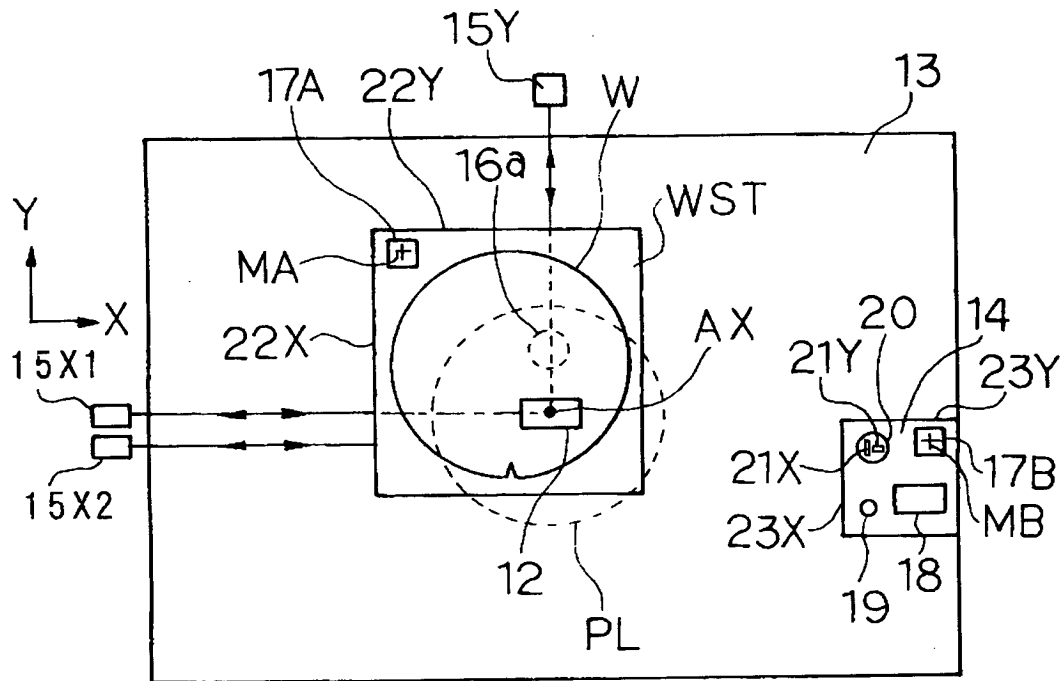
【書類名】 図面

【図 1】

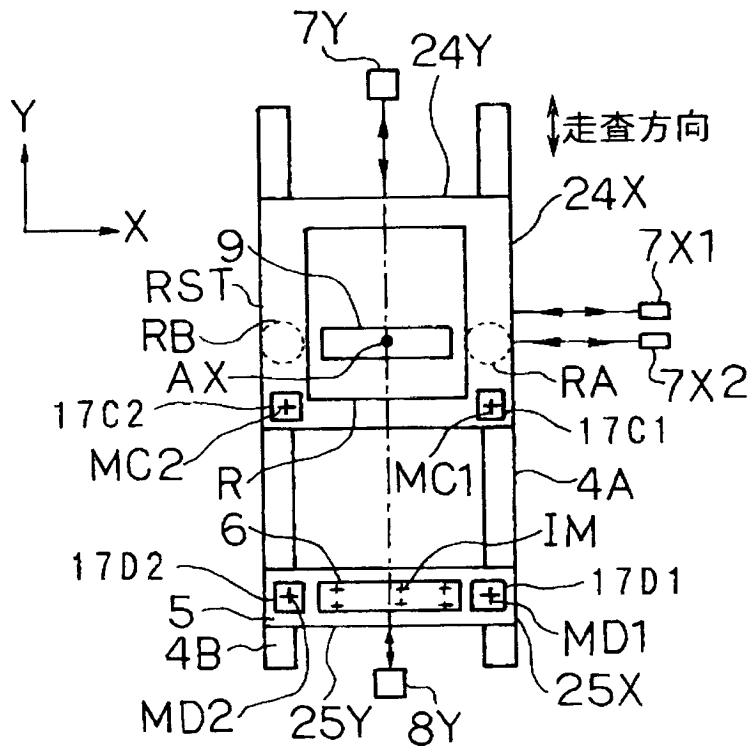




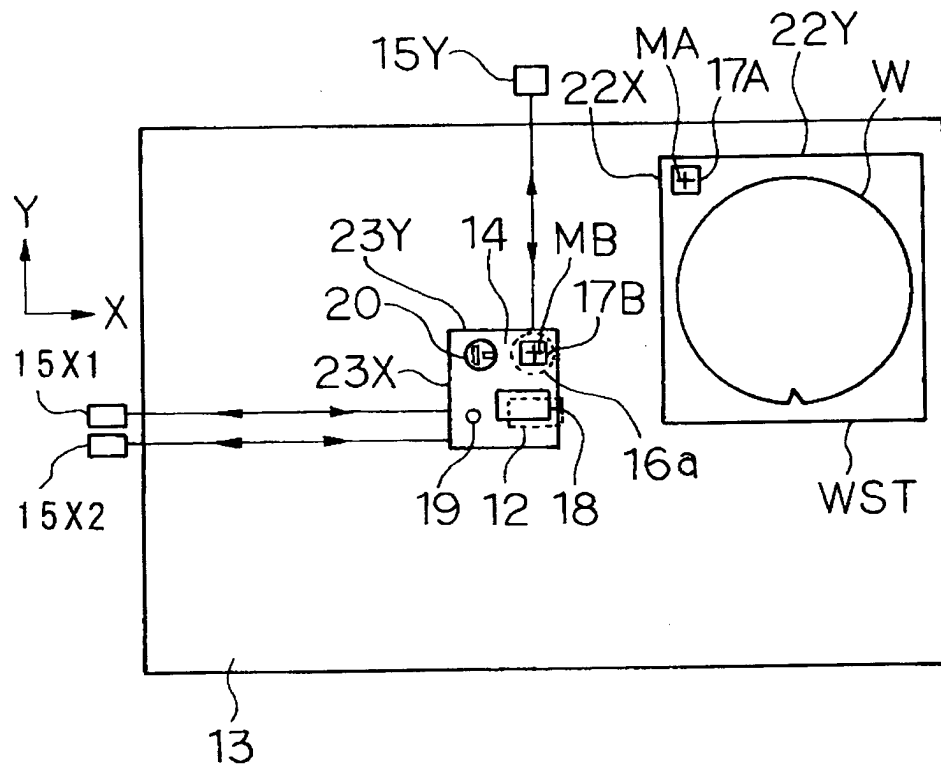
【図2】



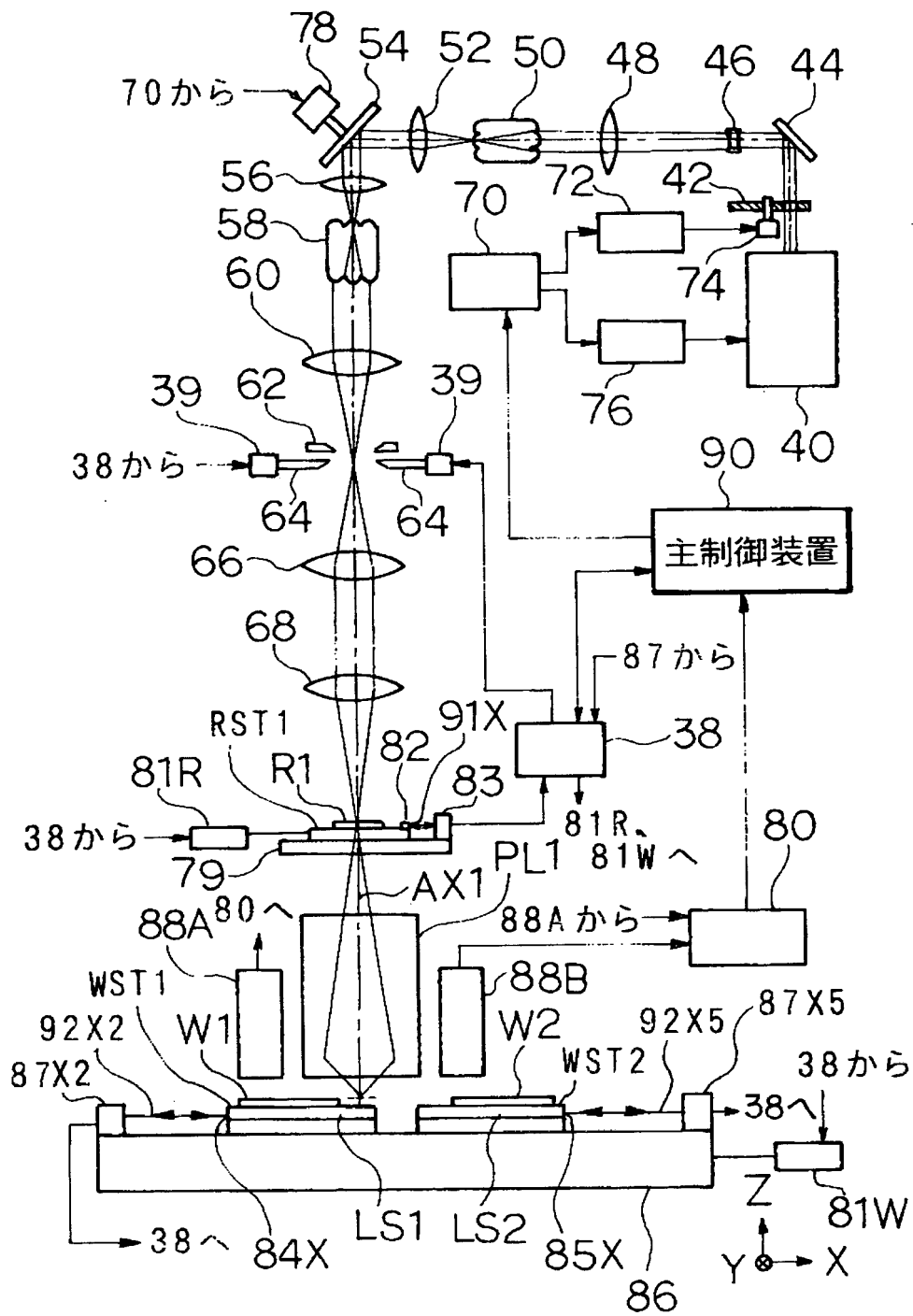
【図3】



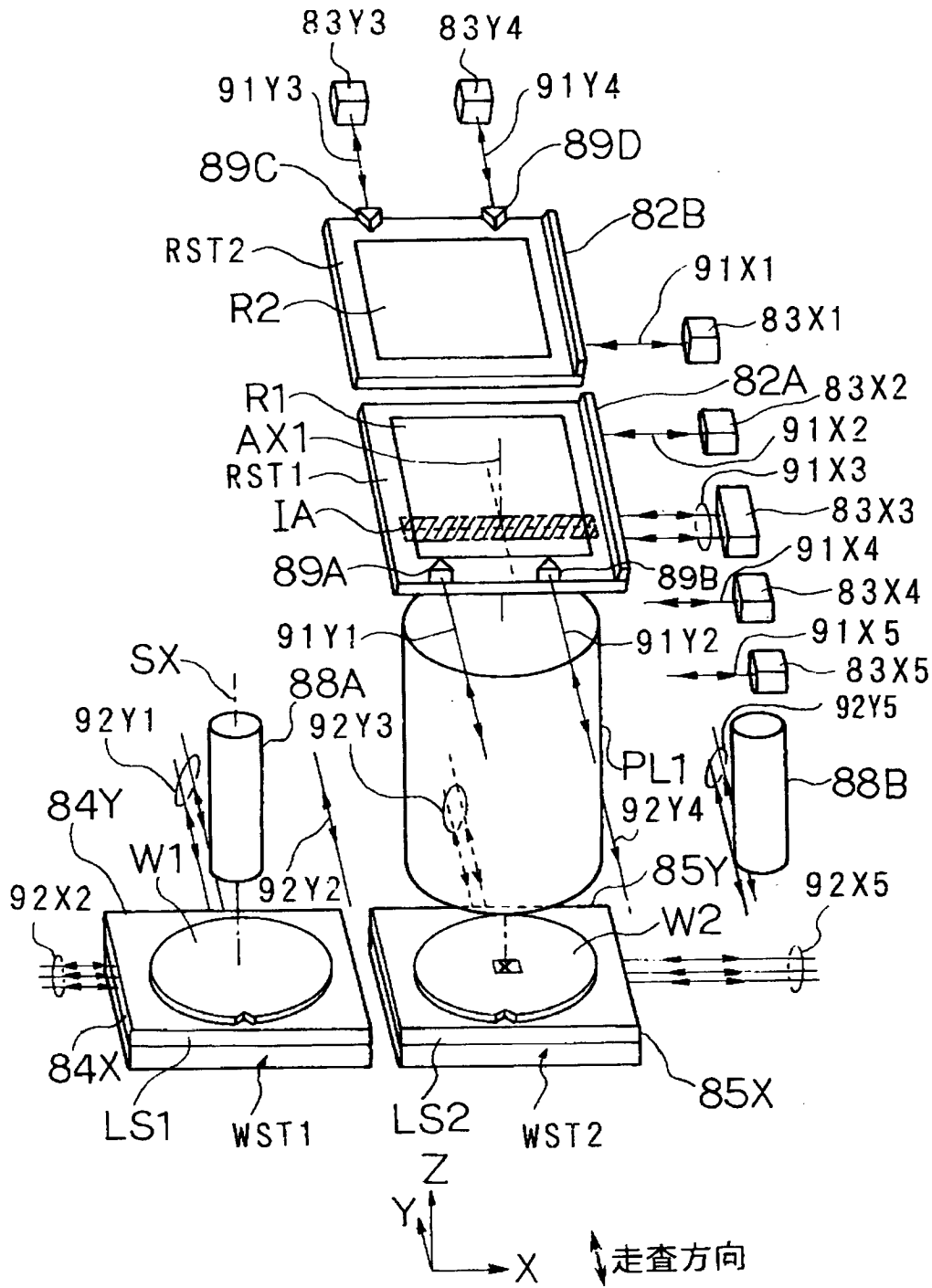
【図 4】



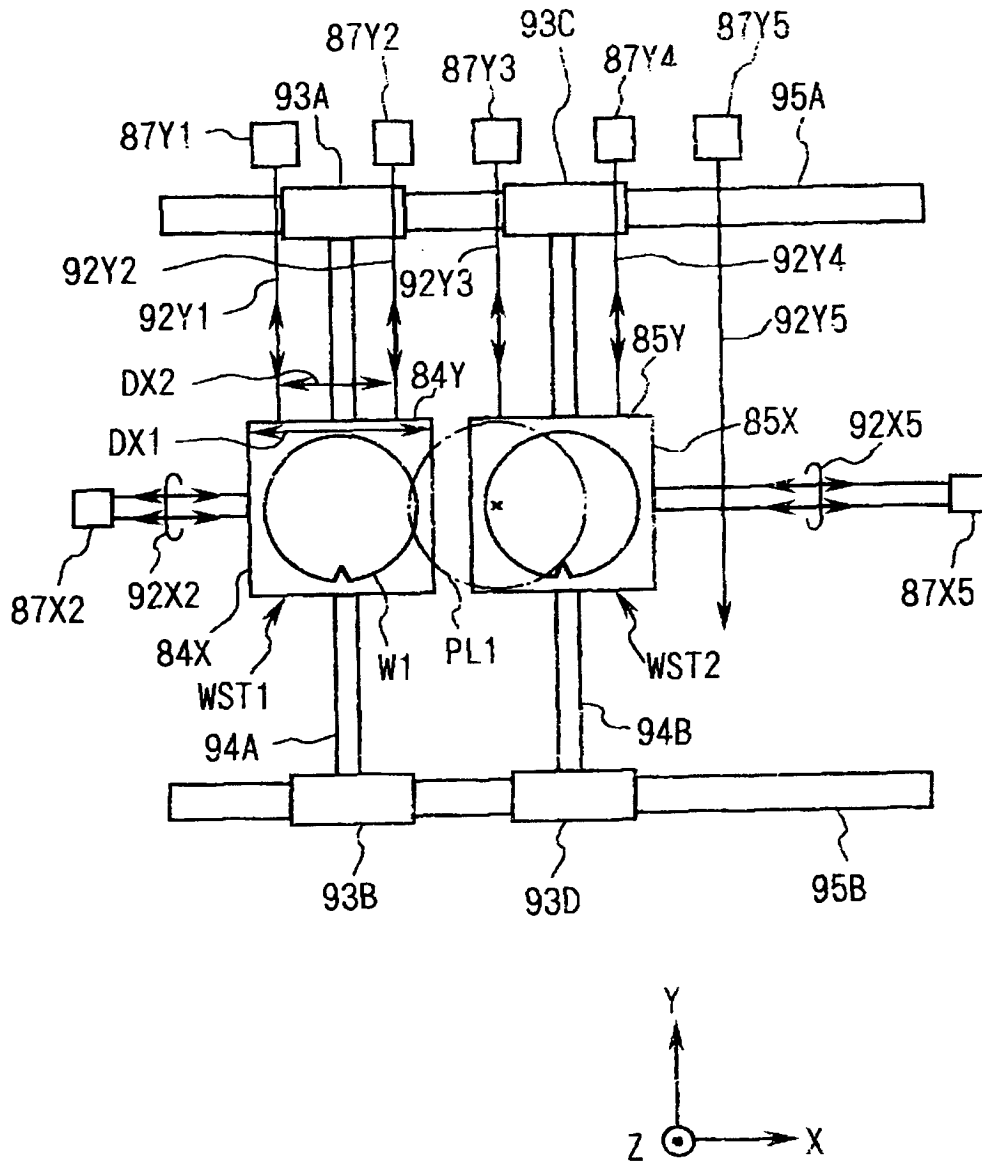
【図 5】



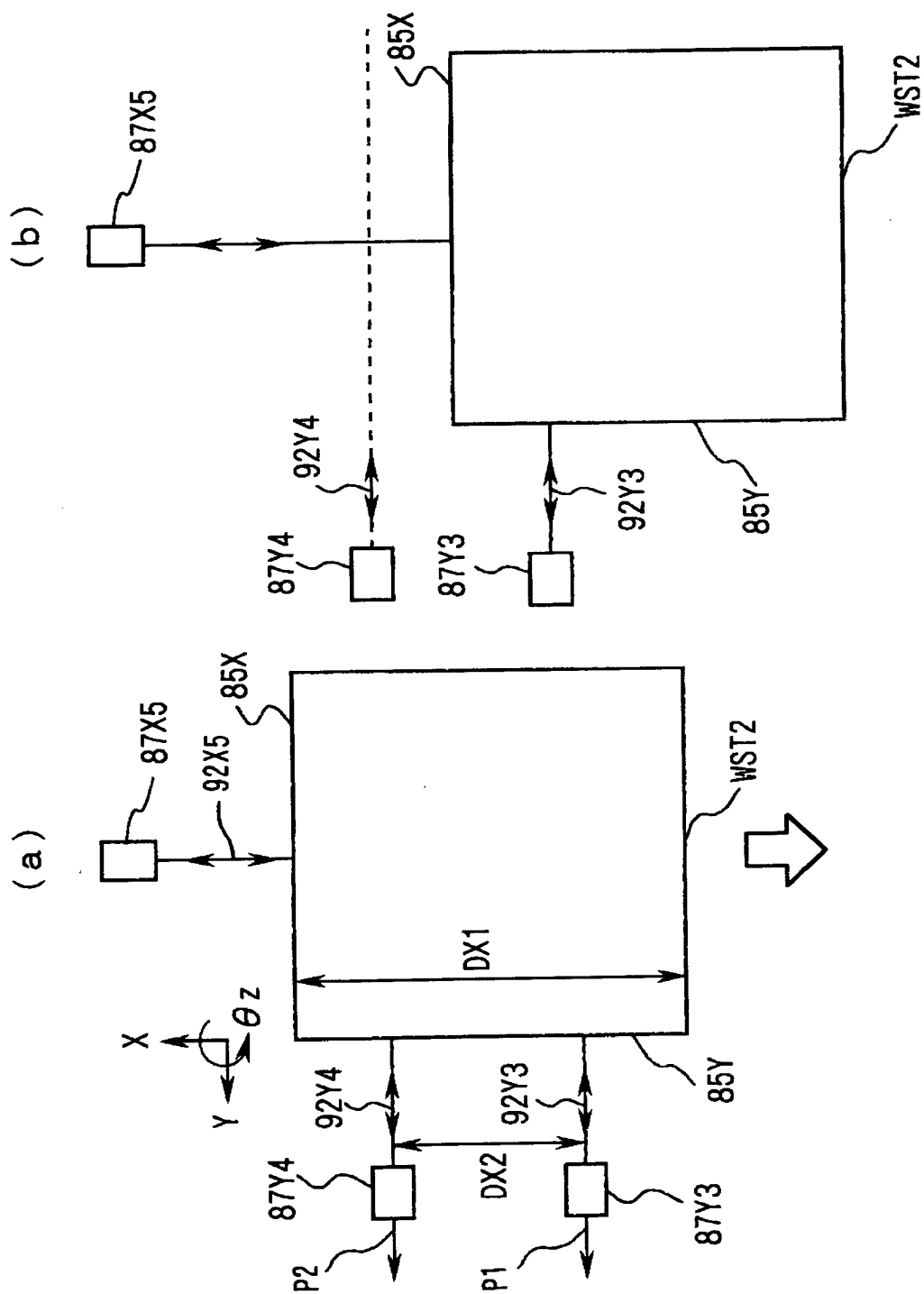
【図 6】



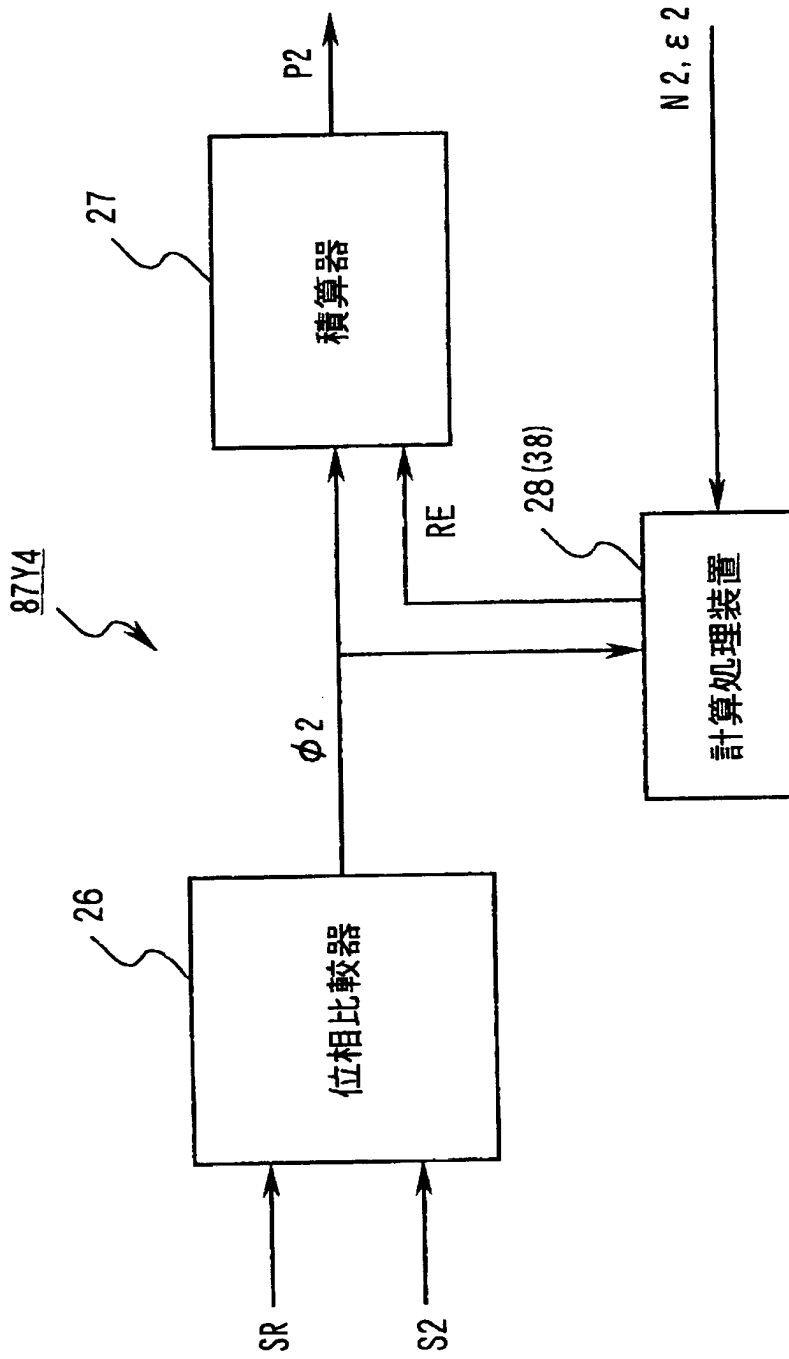
【図 7】



【図 8】

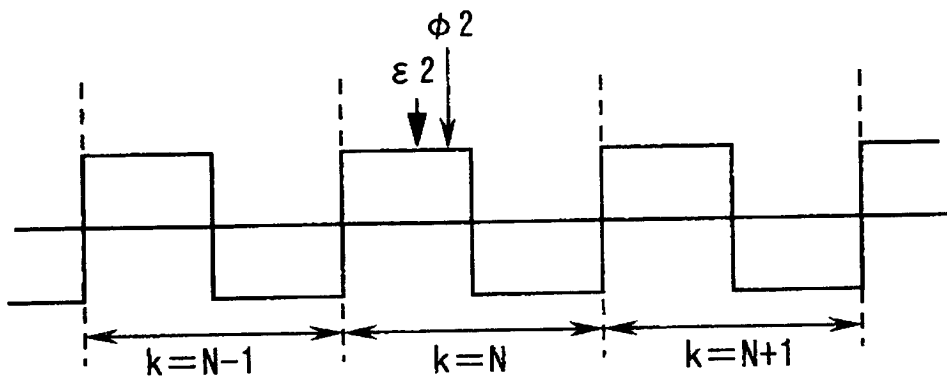


【图 9】

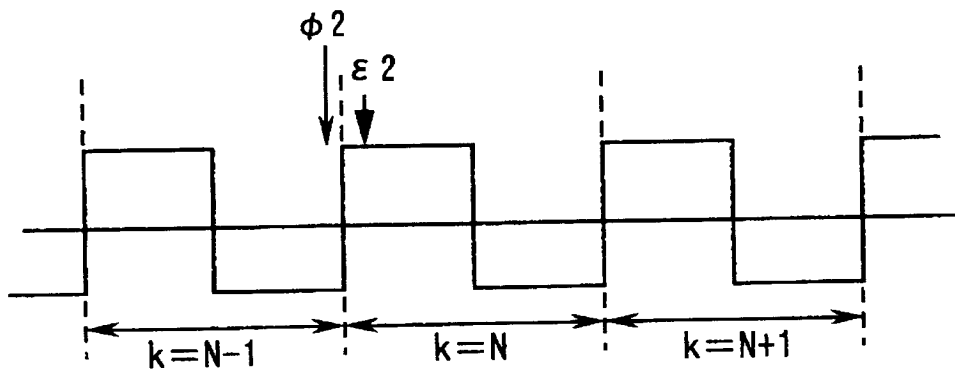


【図 10】

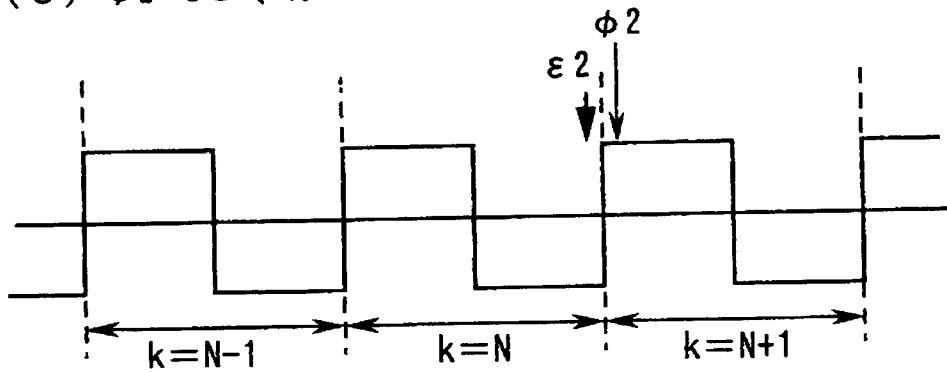
(a)  $|\phi_2 - \varepsilon_2| < \pi$



(b)  $\phi_2 - \varepsilon_2 > \pi$

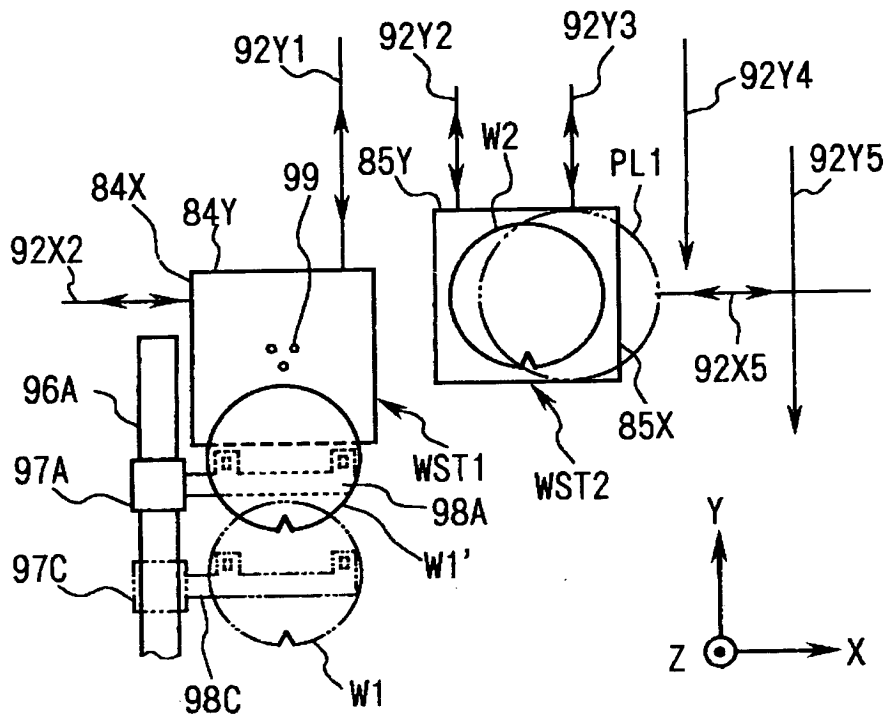


(c)  $\phi_2 - \varepsilon_2 < -\pi$

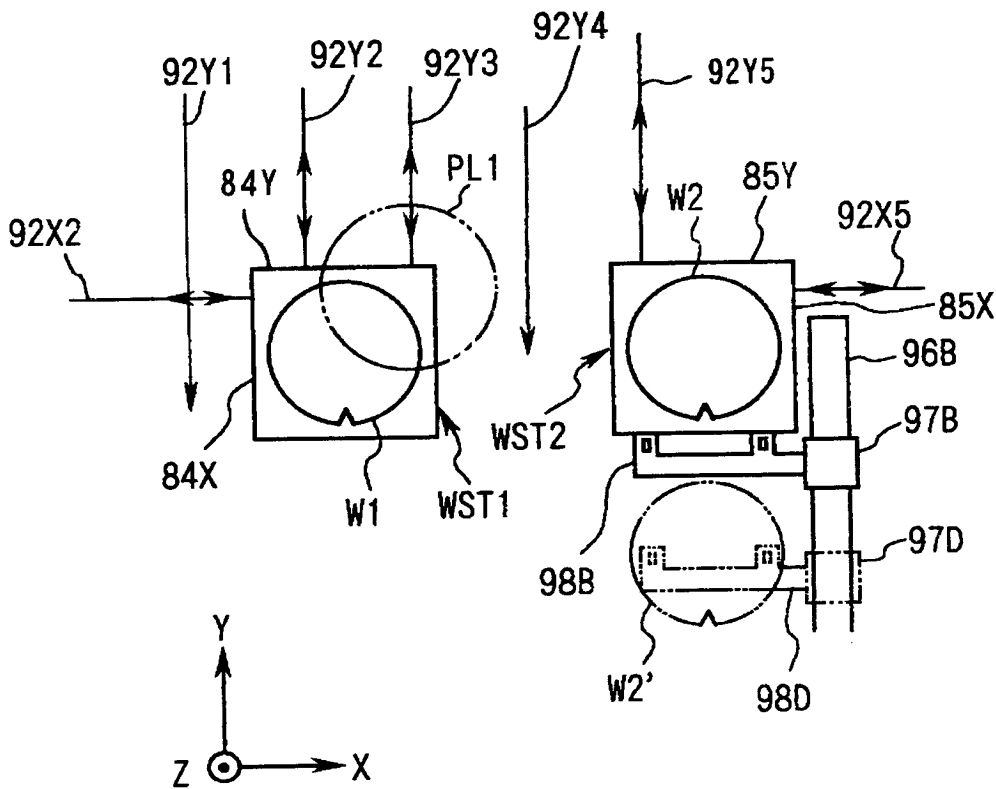




【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ステージの移動範囲を、そのステージの位置を計測する干渉計の計測範囲よりも大きくし、かつそのステージの位置を高精度に計測する。

【解決手段】 ウエハステージWSTが、側面の移動鏡22X, 22Yにレーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yからのレーザビームが照射されない位置から移動して、レーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yの計測範囲内に入った際に、基準マークMAの位置をウエハアライメントセンサにより計測し、この計測結果に基づいてレーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yの計測値の補正を行う。  
また、計測用ステージ14が、レーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yの計測範囲内に入った際にも、同様に基準マークMBの位置をウエハアライメントセンサにより計測し、この計測結果に基づいてレーザ干渉計15X1, 15X2, 15Yの計測値の補正を行う。

【選択図】 図2

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100098165

【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区登戸2075番2-501

大森特許事務所

【氏名又は名称】 大森 聡

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン